

**PENGARUH PENCERAMARAN UDARA TERHADAP KERAPATAN
STOMATA PADA DAUN MAHONI (*Swietenia mahagoni* L. Jacq)
SEBAGAI TANAMAN PELINDUNG DI BANDAR LAMPUNG**

Skripsi

**Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) dalam Ilmu Biologi**

Oleh:

**SITI ANISA
NPM : 1211060057**

Jurusan : Pendidikan Biologi



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN
LAMPUNG
1440 H/2019 M**

**PENGARUH PENCERAMARAN UDARA TERHADAP KERAPATAN
STOMATA PADA DAUN MAHONI (*Swietenia mahagoni* L. Jacq)
SEBAGAI TANAMAN PELINDUNG DI BANDAR LAMPUNG**



SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat-syarat

Guna Mendapatkan Gelar Sarjana S1 dalam Ilmu Tarbiyah dan

Keguruan

Oleh

Siti Anisa

NPM. 1211060057

Jurusan: Pendidikan Biologi

Pembimbing I : Dwijowati Asih Saputri, M.Si.

Pembimbing II : Marlina Kamelia, M.Sc.

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN
LAMPUNG**

2017

**Pengaruh Pencemaran Udara Terhadap Kerapatan Stomata Daun Mahoni
(*Swietenia mahagoni* L. Jacq) Sebagai Tanaman Pelindung Di Bandar
Lampung**

SITI ANISA

Abstrak

Sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari aktivitas transportasi terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pencemaran udara terhadap tingkat kerapatan stomata pada daun mahoni (*S. mahagoni* L. Jacq) yang dijadikan sebagai pohon pelindung pada Jl. Pangeran Tirtayasa dan Jl. Raden Imba Kesuma Bandar Lampung. Penelitian ini menggunakan metode *ex-postfacto* dengan pendekatan laboratorik. Hasil percobaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kerapatan stomata daun *Swietenia mahagoni* L. Jacq pada lokasi Jalan Pangeran Tirtayasa memiliki nilai rata-rata berkisar antara 122,96 mm²-360,11 mm². Sedangkan pada lokasi Jalan Raden Imba Kesuma memiliki nilai rata-rata berkisar antara 177,46 mm²-345,12 mm². Pengaruh konsentrasi polutan yang tinggi menyebabkan tanaman *Swietenia mahagoni* L. Jacq melakukan respons dengan meningkatkan jumlah kerapatan stomata. Semakin tinggi kerapatan stomata maka kualitas udara semakin tercemar, sebaliknya semakin rendah kerapatan stomata maka kualitas udara semakin baik.

**Kata Kunci: Pencemaran Udara, Kerapatan Stomata, Daun Mahoni
(*Swietenia mahagoni* L. Jacq)**



KEMENTERIAN AGAMA

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG

FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Let. Kol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. 0721 703260

PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PENGARUH PENCEMARAN UDARA TERHADAP KERAPATAN STOMATA PADA DAUN MAHONI (SWIETENIA MAHAGONI L. JACQ) SEBAGAI TANAMAN PELINDUNG JALAN DI BANDAR LAMPUNG

Nama : Siti Anisa
NPM : 1211060057
Jurusan : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

MENYETUJUI

Untuk dimunaqosyahkan dan dipertahankan dalam Sidang Munaqosyah
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung

Pembimbing I

Pembimbing II

Dwijowati Asih Saputri, M.Si
NIP. 197202111999032003

Marlina Kamelia, M.Sc
NIP. 198103142015032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Pendidikan Biologi

Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd
NIP. 198402282006041004



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Let. Kol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. 0721 703260

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: **PENGARUH PENCEMARAN UDARA TERHADAP KERAPATAN STOMATA PADA DAUN MAHONI (*SWIETENIA MAHAGONI* L. JACQ) YANG DIJADIKAN SEBAGAI TANAMAN PELINDUNG DI BANDAR LAMPUNG**, disusun oleh: **Siti Anisa, NPM. 1211060057**, Jurusan: **Pendidikan Biologi**, Telah diujikan dalam sidang Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada Hari/Tanggal: **Selasa, 18 Juni 2019**.

TIM PENGUJI

Ketua : Dr. Nanang Supriadi, M.Sc (.....)

Sekretaris : Akbar Handoko, M.Pd (.....)

Penguji Utama : Nurhaida Widiani, M.Biotech (.....)

Penguji Pendamping I : Dwijowati Asih Saputri, M.Si (.....)

Penguji Pendamping II : Marlina Kamelia, M.Sc (.....)

Mengetahui
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd
NIP. 196408281988032002

MOTTO

Mindset Is Doa, Perjuangan Adalah Seni. (Ali Zainal Abidin)

أَدْعُوا رَبَّكُمْ تَضَرُّعًا وَخُفْيَةً إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُعْتَدِينَ ﴿٥٥﴾ وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ
إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: “Berdoalah kepada Tuhanmu dengan rendah hati dan suara yang lembut. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang melampaui batas. Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang-orang yang berbuat kebaikan.” {QS. Al-A’raf : 55-56}¹

¹Departemen Agama RI. *Mushaf Al-Qur'an Dan Terjemah*, (Tim Pustaka Alkautsar, CV. Pustaka Alkautsar, Jakarta Timur, 2009), h. 157

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'aalamiin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan kekuatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir pada perkuliahan ini. Dengan rasa syukur yang tak terhingga, penulis mempersembahkan skripsi ini terkhusus untuk:

1. Ayahanda Saripudin dan Ibunda Siti Juariah tersayang, kedua orangtua terbaik dalam hidup saya. Persembahan skripsi ini tidak sebanding dengan pengorbanan kalian. Terimakasih telah memberikan cinta, kasih sayang, motivasi, telah menjaga, mendidik, dan selalu mendo'akan tiada henti. Semoga kelak anakmu ini mampu memberikan yang terbaik untuk kalian berdua. Doa tulus untuk mereka semoga senantiasa sehat, sejahtera, bahagia, panjang umur dan tetap dalam lindungan serta ridha Allah SWT.
2. Kakak-kakakku tersayang, Syamsiah dan Suhemah, saudara terbaik dalam hidupku. Terimakasih atas kasih sayang dan perhatian serta selalu memberikan motivasi untuk terus berusaha tanpa kenal lelah dalam menuntut ilmu demi keberhasilan adiknya.
3. Nenek dan Kakekku Tersayang, yang selalu mendoakan, menasihati dalam kebaikan, dan memberikan perhatian yang luar biasa kepadaku.

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Siti Anisa, dilahirkan pada tanggal 16 Agustus 1994 di Desa Cijaku, Kecamatan Cijaku, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Penulis adalah anak ke tiga dari tiga bersaudara, lahir dari pasangan Bapak Syarifudin dan Ibu Siti Juariah. Adapun jenjang pendidikan yang pernah penulis lalui adalah sebagai berikut: penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Cijaku, diselesaikan pada tahun 2006, kemudian Madrasah Tsanawiyah (MTs) Mathla'ul Anwar Sukamaju dan lulus pada tahun 2009. Madrasah Aliyah Swasta (MAS) Mathla'ul Anwar Malingping dan diselesaikan pada tahun 2012.

Tahun 2012 penulis tercatat sebagai mahasiswa Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Program Studi Biologi. Selama menjadi mahasiswa pada bulan Agustus sampai September 2015 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sidoluhur Kecamatan Bangunrejo Kabupaten Lampung Tengah. Dan pada tahun yang sama melaksanakan Praktek Pengalaman Lapangan (PPL) di SMA 2 Perintis Bandar Lampung. Semasa di bangku kuliah pernah menjadi Kepala Divisi Bidang Keagamaan dalam organisasi/ kepengurusan Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Biologi periode 2014-2015. Selama menjadi mahasiswa Penulis pernah mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Bapinda.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan Syukur pennulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayaNya, serta shalawat dan salam yang sempurna tercurahkan kepada suri tauladan kita, Nabi Muhammad SAW sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH PENCEMARAN UDARA TERHADAP KERAPATAN STOMATA PADA DAUN MAHONI (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) SEBAGAI TANAMAN PELINDUNG DI BANDAR LAMPUNG”**. Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang sudah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd, Selaku Ketua Jurusan Program Studi Pendidikan Biologi.
3. Ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan memberi pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Marlina Kamelia, M.Sc, selaku pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar, mengarahkan dan memberi banyak pengetahuan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen di lingkungan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama di bangku kuliah.
6. Sahabat terbaikku Lia Artika, Ratna Sari, Aris Kurniawan, Ryo Waldi, Agung Kusuma Laksono dan A. Agus Saputra yang telah memberikan motivasi, semangat, masukan dan bantuan serta kebersamaannya selama ini.
7. Semua rekan-rekan Biologi angkatan 2012 khususnya keluarga ComBiC yang tak henti-hentinya memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, namun telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan hidayahNya sebagai balasan atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karenanya kepada para pembaca kiranya dapat memberikan kritik dan saran yang sifatnya membangun. Penulis berharap semoga skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, Oktober 2017

Penulis,

Siti Anisa

NPM : 1211060057

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
PERSETUJUAN.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	12
C. Batasan Masalah.....	12
D. Rumusan Masalah	13
E. Tujuan Penelitian	13
F. Manfaat Penelitian	13

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara	14
B. Sumber Pencemaran Udara.....	16
C. Pengaruh Pencemaran Udara Terhadap Tumbuhan.....	18
D. Stomata.....	21
E. Mekanisme Kerja Stomata	23

F. Kerapatan Stomata	23
G. Fotosintesis.....	24
H. Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i> L. Jacq).....	27
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	30
B. Alat dan Bahan.....	30
C. Sampel Penelitian.....	30
D. Metode Penelitian.....	31
E. Cara Kerja	32
1. Tahap Persiapan	32
2. Tahap Pelaksanaan.....	32
F. Teknik Analisis Data.....	33
G. Alur Kerja Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PENELITIAN	
A. Kerapatan Stomata Daun Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i> L. Jacq)	36
B. Morfologi Daun Mahoni di Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma Bandar Lampung.....	52
C. Kerusakan Lingkungan Dalam Pandangan Islam	57
D. Sebagai Alternatif Sumber Belajar Biologi	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	63
B. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Populasi Kendaraan di Kota Bandar Lampung Dari Tahun ke Tahun....	2
2. Pengamatan Jumlah Kendaraan Roda Dua dan Roda Empat di Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma.....	10
3. Komposisi Udara Bersih dan Kering.....	15
4. Hasil kerapatan stomata.....	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Daun <i>Swietenia mahagoni</i> L. Jacq.....	28
2. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 1 Jl. Pangeran Tirtayasa.....	45
3. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 2 Jl. Pangeran Tirtayasa.....	46
4. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 3 Jl. Pangeran Tirtayasa.....	46
5. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 1 Jl. Raden Imba Kesuma....	47
6. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 2 Jl. Raden Imba Kesuma....	47
7. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 3 Jl. Raden Imba Kesuma....	48
8. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Pangeran Tirtayasa Lokasi 1.....	55
9. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Pangeran Tirtayasa Lokasi 2.....	55
10. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Pangeran Tirtayasa Lokasi 3.....	55
11. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Raden Imba Kesuma Lokasi 1	56
12. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Raden Imba Kesuma Lokasi 2.....	57
13. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Raden Imba Kesuma Lokasi 3.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kota merupakan kawasan pemukiman yang secara fisik ditunjukkan oleh kumpulan rumah-rumah yang mendominasi tata ruangnya dan memiliki berbagai fasilitas untuk mendukung kehidupan warganya secara mandiri.¹ Kota memiliki fasilitas lebih lengkap dibandingkan fasilitas yang terdapat di desa sehingga kegiatan manusia yang membutuhkan fasilitas tersebut, akan mendorongnya untuk pergi ke kota. Salah satu contoh kota di Indonesia yang terletak di provinsi Lampung adalah Bandar Lampung.

Bandar Lampung adalah kota yang cukup luas di provinsi Lampung. Kota ini sangat melekat dengan predikat sebagai kota budaya. Bandar Lampung juga merupakan kota dengan aktivitas masyarakat yang tinggi sebagai pusat pemerintahan, perindustrian dan perdagangan. Seiring waktu jumlah masyarakat yang masuk ke kota Bandar Lampung semakin meningkat setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya pembangunan hotel, perumahan, kost-kostan dan semakin banyaknya jumlah kendaraan roda dua maupun roda empat yang melintas di jalanan kota setiap harinya. Peningkatan jumlah penduduk di Bandar Lampung mencapai 879.651 ribu jiwa pada tahun 2010 dan meningkat setelah 5 tahun terakhir menjadi 1.100.670 ribu jiwa.² Pertumbuhan angka penduduk ini menyebabkan meningkatnya daya beli masyarakat terhadap kebutuhan primer

¹Wikipedia Indonesia. *Kota* (On-Line) tersedia di: <http://id.m.wikipedia.org/wiki/kota>. (8 April 2017)

²Kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Lampung, Jl Basuki Rahmat No 54 Bandar Lampung, Data di olah Arsip Data BPS Bandar Lampung tahun 2010 s/d 2015

(pokok) seperti sandang, pangan, dan papan. Selain itu, daya beli terhadap kebutuhan sekunderpun menjadi meningkat. Kebutuhan ini adalah kebutuhan nomor dua yang harus dipenuhi setelah kebutuhan primer.

Daya beli masyarakat terhadap kebutuhan tersier juga semakin meningkat. Salah satu contohnya yaitu meningkatnya daya beli terhadap kendaraan roda dua dan roda empat. Daya beli kendaraan, baik roda dua maupun roda empat yang setiap tahunnya meningkat sebagaimana dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Dinas Perhubungan Propinsi Lampung (Populasi Kendaraan di Kota Bandar Lampung dari Tahun ke Tahun)

No	Jenis Kendaraan	Tahun					
		2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Mobil	93.758	106.207	121.129	137.806	147.320	157.541
2	Bus	24.919	24.965	25.230	25.386	25.543	27.301
3	Truk	81.678	86.416	106.258	116.607	117.230	121.211
4	Motor	1.309.868	1.481.569	1.723.338	2.298.054	2.472.123	2.721.203
	Total	1.510.223	1.699.157	1.975.955	2.577.853	2.762.216	3.027.256

Dari tabel di atas maka dapat dilihat populasi kendaraan di kota Bandar Lampung tiap tahunnya meningkat rata-rata sekitar 10%. Penggunaan kendaraan roda dua atau roda empat dalam kehidupan manusia tidak dapat dikurangi bahkan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di daerah perkotaan. Peningkatan jumlah kendaraan roda dua atau roda empat dapat menyebabkan meningkatnya jumlah gas buang atau emisi kendaraan.³

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan baik itu kendaraan beroda, perahu atau kapal dan pesawat terbang yang menggunakan

³Christian Alberto Constantino Tokan, *Pengendalian Pencemaran Udara Melalui Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Di Kota Yogyakarta*, (Jurnal Fakultas Hukum, Yogyakarta : Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2015), h. 5.

bahan bakar. Biasanya emisi gas buang ini terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna dari sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran. Kandungan yang terdapat pada emisi gas buang antara lain adalah SO_2 , NO_2 , CO_2 , O_3 , hidrokarbon dan logam-logam berat seperti timbal (Pb), seng (Zn), dan cadmium (Cd). Partikel debu dalam emisi gas buang juga mengandung metal oksida, tetapi yang paling berbahaya adalah butiran-butiran halus sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru dan dapat membahayakan kesehatan manusia, selain itu bahan-bahan pencemar tersebut juga dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup lainnya seperti hewan dan tumbuhan.⁴

Pencemaran udara merupakan kontaminan dalam atmosfer seperti debu, gas, busa, bau, asap dan uap lainnya yang dalam kuantitas, sifat dan lama keberadaannya dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia, tumbuhan dan hewan atau gangguan pada kualitas benda, sehingga kenyamanan hidup manusia dan biota terganggu. Sumber pencemaran udara dibagi menjadi dua yaitu sumber diam (berasal dari pembangkit listrik, industri, dan rumah) dan sumber bergerak (berasal dari kendaraan bermotor, transportasi laut).⁵

⁴ Rachmawati, *Uji Pencemaran Udara Oleh Partikulat Debu Di Sekitar Terminal Lebak Bulus Berdasarkan Bioindikator Stomata pada Tanaman Glodogan (Polyalthia longifolia)*, (Skripsi Program Sarjana, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2006), h. 21

⁵ Nanny Kusminingrum, G. Gunawan, *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor Di Jalan Perkotaan Pulau Jawa Dan Bali*. (Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Disetujui : 19 Nopember 2008), h. 2.

Sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari transportasi terutama kendaraan yang bermotor menggunakan bahan bakar fosil (minyak) yang mengandung zat pencemar, 60% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Sumber-sumber pencemaran lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain. Dampak dari kegiatan-kegiatan tersebut dapat kita ambil pelajaran dengan memahami firman Allah Swt berikut :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي
عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebaagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” (Surat Ar Ruum:41)⁶

Ayat tersebut menjelaskan bahwa kerusakan fisik alam (ekologi) dan sistem (ekosistem) terjadi karena ulah manusia, selain itu merupakan bentuk peringatan bahwasanya sebagai makhluk ciptaan Allah SWT yang diberi akal dan nafsu harusnya mampu untuk melestarikan dan menjaga lingkungan hidupnya.

Dampak pencemaran udara terhadap tanaman yang tumbuh di daerah dengan tingkat pencemaran udara tinggi dapat terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit, antara lain klorosis, nekrosis, dan bintik hitam. Partikulat yang terdeposisi di permukaan tanaman dapat menghambat proses fotosintesis. Terjadinya gangguan pencemaran terhadap tumbuhan dapat digolongkan dalam

⁶ Departemen Agama RI. *Mushaf Al-Qur'an Dan Terjemah*, (Tim Pustaka Alkautsar, CV. Pustaka Alkautsar, Jakarta Timur, 2009), h. 408

dua kategori yaitu pencemaran secara primer dan pencemaran secara sekunder. Gangguan secara primer adalah terjadinya kontak langsung antara sumber pencemar dengan bagian-bagian permukaan tumbuhan secara langsung sehingga dapat mengganggu dan menutupi lapisan epidermal yang membantu sistem penguapan pada tumbuhan. Pada lapisan epidermis ini terdapat sel palidase, sel mesofil, dan spons yang berguna mengatur dan melindungi sel dengan membuka dan menutup rongga udara pada bagian dalam daun yang digunakan untuk fotosintesis. Gangguan akibat pencemaran udara terhadap tumbuhan karena adanya gas/partikel yang menutupi permukaan daun sehingga dapat menghalangi difusi dari gas yang masuk dan keluar daun. Gangguan secara sekunder adalah gangguan yang terjadi pada tumbuhan karena pencemaran yang mengganggu pada sistem akar, terjadi karena penumpukan pencemar pada tanah dan permukaan air. gangguan ini akan menghalangi proses alternasi nutrisi yang berada di tanah dan sekitar tumbuhan. Efek pencemaran udara yang tak terlihat adalah adanya kemunduran kemampuan pertumbuhan, berkurangnya kemampuan fotosintesis dan alterasi, kemampuan stomata dan reproduksi menurun.

Banyaknya dampak yang ditimbulkan dari pencemaran udara, perlu dilakukan upaya penanggulangannya. Salah satunya dengan membangun hutan kota di kawasan-kawasan yang tercemar dan dengan cara penanaman pohon-pohon pinggir jalan secara merata. Salah satu contoh pohon yang dijadikan sebagai tanaman pelindung yaitu pohon mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq). Pohon mahoni (*S. mahagoni* L. Jacq) merupakan salah satu tanaman yang memiliki potensi tinggi sebagai pereduksi timbal, karena mampu menyerap

pencemar tanpa mengalami kerusakan dan gangguan pertumbuhan.⁷ Sifat mahoni (*S. mahagoni* L. Jacq) yang dapat bertahan hidup di tanah gersang menjadikan pohon ini sesuai di tanam di tepi jalan sebagai pohon pelindung. Mahoni (*S. mahagoni* L. Jacq) dapat tumbuh dengan subur di pasir payau dekat dengan pantai dan menyukai tempat yang cukup sinar matahari langsung.

Polutan yang diserap oleh tanaman yaitu dalam bentuk karbon dioksida (CO_2). Karbon dioksida (CO_2) yang dikeluarkan dari kendaraan bermotor merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna, sehingga dapat mengganggu proses pernafasan bagi manusia. Selain itu, asap kendaraan bermotor juga dapat menyebabkan polusi udara yang mencemari/merusak lingkungan dan dapat menyebabkan terjadinya pemanasan di dunia (*global warming*). Karbon dioksida (CO_2) atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Rata-rata konsentrasinya di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm berdasarkan volume. Karbon dioksida (CO_2) dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis.

Karbon dioksida (CO_2) merupakan senyawa yang sangat penting untuk proses fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses dimana tanaman menyerap karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) dengan menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi untuk membentuk gula (karbohidrat) dan oksigen (O_2). Fotosintesis sangat penting bagi semua kehidupan aerobik di bumi karena selain

⁷ Andri Widia Satolom dkk. *Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata Dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni (Swietenia Macrophylla) Pada Beberapa Jalan Di Gorontalo*. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo. Hlm 3

untuk menjaga tingkat normal oksigen di atmosfer, fotosintesis juga merupakan sumber energi bagi hampir semua kehidupan di bumi, baik secara langsung (melalui produksi primer) maupun tidak langsung (sebagai sumber utama energi dalam makanan). Fotosintesis menghasilkan oksigen (O_2) dan molekul organik (cadangan makanan) yang digunakan oleh mitokondria eukariota (termasuk tumbuhan dan alga) sebagai bahan bakar untuk respirasi seluler. Reaksi fotosintesis yang meningkat menghasilkan cadangan makanan yang banyak dan kadar O_2 meningkat, sehingga memacu reaksi metabolisme berjalan lebih cepat.

Metabolisme adalah semua reaksi kimia yang terjadi di dalam organisme, termasuk yang terjadi di tingkat seluler. Metabolisme secara keseluruhan mengelola sumber daya materi dan energi bagi sel. Beberapa jalur metabolik mengonsumsi energi untuk membangun molekul kompleks dari molekul-molekul yang lebih sederhana, proses ini disebut jalur anabolik. Jalur anabolik terkadang disebut jalur biosintetik. Salah satu contoh anabolisme adalah sintesis protein dari asam-asam amino. Sebaliknya, jalur katabolik melepaskan energi melalui penguraian molekul kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Salah satu jalur utama katabolisme adalah respirasi seluler.⁸ Respirasi seluler menguraikan bahan bakar hasil fotosintesis berupa oksigen dan molekul organik untuk menghasilkan air, karbondioksida (CO_2) serta produk energi utamanya ATP. Respirasi seluler melibatkan proses-proses yang disebut glikolisis, siklus asam sitrat (siklus krebs), dan fosforilasi oksidatif (transpor elektron dan kemiosmosis). Serangkaian respirasi aerobik tersebut dimulai dari penguraian glukosa atau

⁸ Neil A. Campbell, Jane B. Reece. *Biologi Edisi Kedelapan*. Erlangga. Jakarta. 2008. Hlm. 154

molekul organik lain dan penggunaan O_2 , untuk menghasilkan H_2O , CO_2 , dan energi dalam bentuk ATP.

Energi adalah kemampuan untuk menyebabkan perubahan. Energi terdapat dalam berbagai bentuk, dan kerja kehidupan bergantung pada kemampuan sel untuk mentransformasi (mengubah bentuk) energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Sel memerlukan berbagai zat dan juga energi. Tidak semua molekul organik dari makanan akan dioksidasi sebagai bahan bakar untuk membuat ATP. Selain kalori, makanan juga harus menyediakan rangka karbon yang dibutuhkan sel untuk membuat molekul-molekulnya sendiri. Sel merupakan unit struktural dan fungsional sebagai penyusun tubuh makhluk hidup. Sel yang hidup merupakan pabrik kimiawi mini, tempat terjadinya ribuan reaksi dalam ruang berukuran mikroskopik. Sel menggunakan energi untuk melaksanakan berbagai macam aktivitas sel, misalnya transpor zat terlarut melintasi membran plasma, pembelahan sel, dan semua aktivitas metabolik lain yang dilakukan oleh sel terkoordinasi dan terkontrol. Energi tinggi yg dihasilkan dari proses respirasi seluler yang menggunakan oksigen (O_2) dan cadangan makanan yang banyak (produk fotosintesis) akan memacu pembelahan sel semakin meningkat sehingga berpengaruh terhadap lebar daun pada suatu tumbuhan. Daun pada tumbuhan menjadi lebih lebar seiring dengan jumlah stomata yang meningkat.

Stomata adalah celah dalam epidermis yang diapit oleh dua sel epidermis khusus yang disebut sel penutup. Dengan terjadinya perubahan bentuk sel penutup, maka terjadi pembukaan dan penutupan celah.⁹ Stomata memegang

⁹ Tatang S. Suradinata. *Struktur Tumbuhan*. Angkasa Bandung. Bandung. 2010. Hlm 59

peranan penting dalam proses fotosintesis, selain pertukaran gas CO₂, stomata juga merupakan bagian tanaman tempat penyerapan polutan dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil. Stomata terdapat pada sisi atas dan bawah daun, atau hanya pada permukaan bawah saja. Jumlah stomata per mm² berbeda pada setiap tumbuhan. Jumlah stomata yang banyak berpengaruh terhadap peningkatan kerapatan stomata pada daun. Kerapatan stomata tidak saja bervariasi antar jenis tetapi juga antar daun dari tumbuhan yang sama. Kerapatan dan jumlah stomata yang banyak merupakan respon tumbuhan terhadap kondisi lingkungannya.

Lokasi yang dijadikan tempat penelitian yang pertama yaitu Jalan Pangeran Tirtayasa, Sukabumi, Bandar Lampung dan yang kedua yaitu Jalan Raden Imba Kesuma, Sukadanaham, Bandar Lampung. Penentuan lokasi penelitian ditentukan berdasarkan survey yang telah dilakukan, yaitu dengan melihat padatnya kendaraan jenis roda dua dan roda empat yang melintasi jalan raya dan melihat adanya sampel (pohon mahoni) yang akan dijadikan objek penelitian pada dua jalan tersebut.

Berdasarkan hasil survey pada tanggal 16 Agustus 2017. Jalan Pangeran Tirtayasa memiliki jumlah rata-rata kendaraan roda dua sebanyak 331 buah dan kendaraan roda empat sebanyak 215 buah. Sedangkan Jalan Raden Imba Kesuma jumlah rata-rata kendaraan roda dua sebanyak 146 buah dan kendaraan roda empat sebanyak 69 buah. Data tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. Pengamatan Jumlah Kendaraan Roda Dua dan Roda Empat di Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma

No	Jalan	Tempat	Waktu	Kendaraan Roda dua	Rata-rata
1	Pangeran Tirtayasa	Lokasi 1	07:00 WIB	365	377,5
			17:00 WIB	390	
		Lokasi 2	07:00 WIB	255	271
			17:00 WIB	287	
		Lokasi 3	07:00 WIB	330	345
			17:00 WIB	360	
		Rata-rata			331
2	Raden Imba Kesuma	Lokasi 1	07:05 WIB	167	183,5
			17:00 WIB	200	
		Lokasi 2	07:05 WIB	154	172
			17:00 WIB	190	
		Lokasi 3	07:05 WIB	93	84
			17:00 WIB	75	
		Rata-rata			146

No	Jalan	Tempat	Waktu	Kendaraan Roda Empat	Rata-rata
1	Pangeran Tirtayasa	Lokasi 1	07:00 WIB	247	239
			17:00 WIB	231	
		Lokasi 2	07:00 WIB	199	187,5
			17:00 WIB	176	
		Lokasi 3	07:00 WIB	227	219
			17:00 WIB	211	
		Rata-rata			215
2	Raden Imba Kesuma	Lokasi 1	07:05 WIB	88	81
			17:00 WIB	74	
		Lokasi 2	07:05 WIB	79	69
			17:00 WIB	59	
		Lokasi 3	07:05 WIB	51	57
			17:00 WIB	63	
		Rata-rata			69

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa hasil pengamatan jumlah kendaraan roda dua dan roda empat pada Jalan Pangeran Tirtayasa yang dilakukan pada pukul 07:00-07:05 WIB dan pukul 17:00-17:05 WIB menunjukkan lokasi 1 memiliki intensitas kendaraan tertinggi. Hal ini dikarenakan lokasi jalan tersebut memiliki persimpangan *traffic light* serta banyaknya pusat perbelanjaan, pertokoan, dan perumahan. Intensitas kendaraan terendah terletak pada lokasi 2 dikarenakan kendaraan dari lokasi 1 telah terurai ke Jalan Pulau Legundi dan banyaknya kendaraan yang berhenti di sekolah, pertokoan, dan rumah sakit. Sedangkan lokasi 3 mengalami peningkatan kembali dikarenakan banyaknya tambahan kendaraan dari Jalan Pulau Singkep 7 dan Jalan Campang Raya. Pada hasil pengamatan Jalan Raden Imba Kesuma, pukul 07:05-07:10 WIB dan pukul 17:00-17:05 WIB menunjukkan jalan lokasi 1 memiliki intensitas kendaraan tertinggi. Hal ini dikarenakan lokasi 1 memiliki tambahan kendaraan dari Jalan Dipo dan Jalan Sejahtera serta banyaknya pertokoan dan perumahan. Intensitas kendaraan terendah terletak pada lokasi 3 karena jumlah kendaraan dari lokasi 2 telah terurai ke Jalan Sultan Badarudin 2 serta banyaknya kendaraan yang berhenti ke tempat wisata seperti Lembah Hijau, Bukit Mas, dan Puncak Mas. Sedangkan pada lokasi 2 intensitas kendaraan meningkat kembali karena banyaknya tambahan kendaraan dari Jalan Sultan Badarudin 2 serta banyaknya pertokoan, sekolah, dan perumahan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Bertambahnya jumlah kendaraan mengakibatkan tingginya konsumsi bahan bakar yang kemudian akan memberikan dampak negatif yaitu dapat meningkatkan kadar polutan di udara.
2. Polusi udara dapat mengakibatkan kerusakan tanaman secara morfologi, peningkatan jumlah epidermis serta peningkatan jumlah stomata pada daun.

C. Batasan Masalah

Agar pembahasan dapat fokus dan mencapai apa yang diharapkan, maka permasalahan penelitian hanya pada:

1. Objek penelitian yang akan diteliti adalah tingkat kerapatan stomata pada daun mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) yang dipengaruhi oleh banyaknya polusi kendaraan (pencemaran udara).
2. Subjek penelitian yang akan diteliti adalah tanaman mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq).
3. Survey terhadap daun mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) dilakukan di dua tempat yaitu di Jalan Pangeran Tirtayasa, Sukabumi, Bandar Lampung dan Jalan Raden Imba Kesuma, Sukadanaham, Bandar Lampung.

D. Rumusan Masalah

Bagaimanakah tingkat kerapatan stomata pada daun mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) yang dijadikan sebagai tanaman pelindung pada dua tempat?

E. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui tingkat kerapatan stomata pada daun mahoni (*S. mahagoni* L. Jacq) yang dijadikan sebagai tanaman pelindung pada dua tempat.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti berguna sebagai tambahan wawasan/ ilmu pengetahuan, pengalaman dan pemikiran dalam bidang biologi.
2. Bagi institusi UIN Raden Intan Lampung sebagai bahan masukan untuk menambah kepustakaan dan acuan untuk melanjutkan penelitian yang sejenis dan lebih mendalam.
3. Bagi peserta didik yaitu sebagai sumber belajar yang berkaitan dengan pencemaran udara dalam bentuk praktikum.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernafas, karbondioksida untuk proses fotosintesis oleh khlorofil daun dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultra violet dan gas-gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas-gas mulia, nitrogen oksida, methana, belerang dioksida, amonia, hidrokarbon dan gas rumah kaca.¹

Udara bersih yang dihirup hewan dan manusia merupakan gas yang tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Akan tetapi udara yang benar-benar bersih sulit diperoleh, terutama di kota besar yang banyak terdapat industri dan padat lalu lintas. Udara yang mengandung zat tercemar disebut udara tercemar. Kerusakan lingkungan dan kehidupan manusia. Kerusakan lingkungan berarti berkurangnya daya dukung alam terhadap kehidupan yang selanjutnya akan mengurangi kualitas udara. Di bawah ini terdapat komposisi udara bersih dan kering.²

¹ Sugiarti, *Gas Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia*, (Jurnal Jurusan Kimia FMIPA, Makassar: UNM Makassar), h. 2.

² S. Roifatul Hidayati, *Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo*, (Skripsi Program Sarjana, Malang: Universitas Islam Negeri Malang, 2009), h. 8

Tabel. 1 Komposisi Udara Bersih dan Kering

Komponen	Simbol	Persen Volume
Nitrogen	N ₂	78,08
Oksigen	O ₂	20,94
Argon	Ar	0,934
Karbon-dioksida	CO ₂	0,033
Neon	Ne	0,00182
Helium	He	0,00052
Metana	CH ₄	0,00015
Krypton	Kr	0,00011
Hydrogen	H ₂	0,00005
Nitrogen Oksida	N ₂ O	0,00005
Xenon	Xe	0,000009

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KEPMEN KLH) No. Kep. 02/MEN-KLH 1988, yang dimaksud pencemaran udara adalah masuk atau di masukkannya makhluk hidup, zat energi, atau komponen lain ke udara dan berubahnya tatanan negara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun hingga ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.³

Pencemaran udara adalah apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal yang merupakan campuran dari satu atau lebih bahan pencemar, baik berupa padatan, cairan atau gas yang masuk terdispersi ke udara dan kemudian menyebar ke lingkungan sekitarnya.⁴ Adanya satu atau lebih kontaminan dalam atmosfer seperti debu, gas, busa, bau, asap dan uap

³ *Ibid*, h. 9

⁴ Sugiarti, *Op Cit*, h. 2.

lainnya yang dalam kuantitas, sifat dan lama keberadaannya dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia, tumbuhan dan hewan atau gangguan pada kualitas benda, sehingga kenyamanan hidup manusia dan biota terganggu.

Peningkatan suhu udara di atas normal akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, sehingga akan menurunkan produksi beberapa jenis makanan. Pengaruh gas nitrogen oksida pada tanaman seperti timbulnya bintik-bintik pada permukaan daun. Bila kondisi jaringan daun rusak, maka jaringan daun tidak dapat berfungsi dengan baik sebagai tempat terbentuknya karbohidrat melalui proses fotosintesis.⁵

B. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari transportasi terutama kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar, 60% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Sumber-sumber pencemaran lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain.

Pencemaran udara yang lazim dijumpai dalam jumlah yang dapat diamati pada berbagai tempat khususnya di kota-kota antara lain adalah:

- a. Nitrogen Oksida (Nox)

⁵ Rachmawati, *Uji Pencemaran Udara Oleh Partikulat Debu Di Sekitar Terminal Lebak Bulus Berdasarkan Bioindikator Stomata pada Tanaman Glodogan (Polyalthia longifolia)*, (Skripsi Program Sarjana, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2006), h. 24

Nitrogen oksida (Nox) adalah senyawa jenis gas yang terdapat di udara bebas, sebagian besar berupa gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen oksida (NO₂) serta berbagai jenis oksida dalam jumlah yang sedikit. Gas NO tidak berwarna dan tidak berbau, sedangkan gas NO₂ berwarna coklat kemerahan, berbau tidak sedap dan cukup menyengat. Berbagai jenis Nox dapat dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar minyak (BBM) dan bahan bakar (BB) fosil lainnya pada suhu tinggi, yang dibuang ke lingkungan melalui cerobong asap pabrik-pabrik di kawasan pertanian dapat merusak hasil panen.

b. Belerang Oksida

Belerang oksida adalah senyawa gas berbau tak sedap, yang banyak dijumpai di kawasan industri yang menggunakan batubara dan kerkas sebagai bahan bakar dari sumber energi utamanya. Belerang oksida juga merupakan salah satu bentuk gas hasil kegiatan vulkanik, erupsi gunung berapi, sumber gas belerang alami (sulfatar), sumber air panas dan uap panas alami (fumarol). Oksida-oksida ini merupakan penyebab utama karat karena sangat reaktif terhadap berbagai jenis logam (membentuk senyawa logam sulfida). Di kawasan pertanian, gas-gas belerang oksida ini dapat merusak hasil panen.⁶

c. Partikel-Partikel

Partikel-partikel berasal dari asap (terutama hasil pembakaran kayu, sampah, batubara dan bahan bakar minyak yang membentuk jelaga) dan

⁶ S. Roifatul Hidayati, *Op Cit*, h. 10

dapat pula partikel-partikel debu halus dan agak kasar yang berasal dari kegiatan alami manusia. Sifat terpenting partikel ini adalah ukurannya, yang berkisar antara 0,0002 mikron hingga 500 mikron.

d. Logam Berat

Unsur ini dalam kondisi suhu kamar, tidak selalu berbentuk padat, melainkan ada yang berbentuk cair. Logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berkaitan dengan masuk ke dalam tubuh organisme hidup, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

C. Pengaruh Pencemaran Udara Terhadap Tumbuhan

Bahan pencemar di udara berpengaruh merugikan terhadap fungsi-fungsi pertumbuhan tanaman baik secara fisik, kimia maupun fisiologis. Bahan-bahan yang berpengaruh terhadap hutan kota adalah SO_2 , NO_x , ozon, flourida, klorin, partikel dan herbisida. Tipe dan besar pengaruh pencemaran udara terhadap tumbuhan tergantung pada jumlah dan jenis bahan pencemar yang ada dan daya tahan tumbuhan tersebut terhadap lingkungannya. Pada umumnya bahan-bahan pencemar udara merusak pohon melalui daun. Gejala umum yang sering terlihat berupa perubahan warna daun (*discoloration*), menggugurkan daun dan sebagian pohon akan mati. Pengaruh pencemaran

udara terhadap tumbuhan dibagi menjadi kerusakan (*injury*) dan kehancuran (*demage*). Istilah kerusakan meliputi seluruh respon tumbuhan yang terjadi karena pencemaran udara seperti perubahan metabolisme sebagai akibat menurunnya fotosintesis, kematian daun, gugur daun atau menurunnya pertumbuhan tanaman. Kehancuran meliputi seluruh pengaruh yang menurunkan nilai guna tumbuhan.⁷

Pencemaran udara menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan. Pencemaran menyebabkan perubahan pada tingkatan biokimia sel kemudian diikuti oleh perubahan fisiologi pada tingkat komunitas tanaman. Dijelaskan pula bahwa pencemaran udara dapat mempengaruhi pertumbuhan daun. Luasan daun dari suatu pohon dan tegakkan pohon yang terekspose ke pencemar udara dapat berkurang karena pembentukan dan kecepatan absisi daun. Pencemaran udara juga menyebabkan kerusakan anatomi daun. Jaringan anatomi daun pada kelas dikotil tersusun atas sekumpulan sel yang memiliki bentuk yang hampir sama. Jaringan tersebut tersusun atas jaringan epidermis atas dan bawah, jaringan mesofil (daging daun) yang tersusun atas jaringan palisade dan jaringan bunga karang. Epidermis menutupi permukaan atas dan bawah daun dilanjutkan ke epidermis batang. Sedangkan lapisan mesofil merupakan daerah paling utama untuk proses fotosintesis, lapisan palisade merupakan bagian dari daun yang paling banyak mengandung kloroplas, dan merupakan bagian yang paling banyak

⁷ Rachmawati, *Op Cit*, h. 27-28

mempengaruhi periodik fotosintesis. Kerusakan yang terjadi pada mesofil daun, terutama pada jaringan palisade oleh pencemaran udara akan memberikan dampak yang paling besar terhadap kegiatan fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan. Perubahan histologis yang paling umum dalam kerusakan daun oleh pencemar udara adalah plasmolosis, granulasi atau disorganisasi penyusun sel, rusaknya sel atau disintegrasi, dan pigmentasi jaringan.⁸

Total luasan daun dari suatu tanaman yang terkena pencemaran udara akan mengalami penurunan, karena terhambatnya laju pertumbuhan dan perluasan daun serta meningkatnya jumlah daun yang gugur, sehingga secara langsung maupun tidak langsung akan menurunkan hasil fotosintesis. Kerusakan abnormalitas anatomi daun seluruh tumbuhan yang diteliti dengan kandungan pencemar di udara secara umum menunjukkan adanya pengaruh yang nyata terutama gas SO₂ dan Pb terhadap abnormalitas masing-masing jaringan. Kerusakan anatomi daun (termasuk juga kerusakan klorofil dan kloroplas) akibat pencemaran udara disebabkan karena pengaruh gas pencemar tersebut yang mempengaruhi pH medium sel dan jaringan yang menjadi lebih rendah (ion-ion H⁺ meningkat). Sedangkan Pb merupakan unsur logam yang pada umumnya menjadi katalis pada berbagai reaksi termasuk dengan enzim, keadaan ini akan mempengaruhi membran biologi (baik sel maupun organel-organelnya).⁹

⁸ Eddy Soekendarsih, *Jurnal Alam Dan Lingkungan*, (Jurusan Biologi, MIPA, Unhas Volume 4, No.7. Agustus 2014), h. 4.

⁹ S. Roifatul Hidayati, *Op Cit*, h. 29

D. Stomata

Stomata terdapat pada semua bagian tumbuhan di atas tanah. Bentuk dan posisi stomata pada daun beragam tergantung spesies tumbuhannya. Secara teknis, yang dimaksud dengan stomata adalah celah yang ada di antara dua sel penjaga (*guard cell*), sedangkan aparatus stomata adalah kedua sel penjaga tersebut. Berdampingan dengan sel penjaga terdapat sel-sel epidermis yang juga telah termodifikasi, yang disebut sebagai sel pendukung (*subsidiary cell*).¹⁰ Stomata umumnya terdapat pada permukaan bawah daun. Tetapi ada beberapa spesies tumbuhan di mana stomata dapat dijumpai pada kedua permukaan daunnya (atas dan bawah). Ada pula tumbuhan yang hanya mempunyai stomata pada permukaan atas daunnya, misalnya pada bunga lili air. Tumbuhan dalam air tidak memiliki stomata sama sekali. Stomata terdiri dari lubang (porus) yang dikelilingi oleh dua sel penutup. Di bawah pori stomata terdapat ruang antara sel yang luas disebut rongga stomata. Jumlah stomata beragam pada daun tumbuhan yang sama dan juga daerah daun yang sama. Pada beberapa jenis tumbuhan, jumlah stomata berkisar antara beberapa ribu per cm.¹¹

Stomata berperan penting sebagai alat untuk adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan. Pada kondisi cekaman kekeringan maka stomata akan menutup sebagai upaya untuk menahan laju transpirasi. Senyawa yang banyak berperan dalam membuka dan menutupnya stomata

¹⁰ Benyamin Lakitan, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2011), h. 56-57

¹¹ Sri Suhadiyah, *Korelasi Kondisi Daun Terhadap Kadar Pb, dan Klorofil daun Hibiscus tiliaceus dan Swietenia macrophylla King di Kampus Universitas Hasanuddin Makassar*, (Jurnal Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Hasanuddin : Makassar), h. 3.

adalah asam absisat. Asam absisat merupakan senyawa yang berperan sebagai sinyal adanya cekaman kekeringan sehingga stomata segera menutup. Beberapa tanaman beradaptasi terhadap cekaman kekeringan dengan cara mengurangi ukuran stomata dan jumlah stomata. Mekanisme membuka dan menutup stomata pada tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan sangat efektif sehingga jaringan tanaman dapat menghindari kehilangan air melalui penguapan.¹²

Berdasarkan hubungan stomata dengan sel epidermis tetangga, stomata diklasifikasikan menjadi beberapa tipe:

- a. Tipe Anomositik adalah jumlah sel tetangga yang mengelilingi sel penutup tidak tertentu dan tidak dapat dibedakan dengan sel epidermis lainnya.
- b. Tipe Anisositik adalah tipe yang biasanya jumlah sel tetangga 3 satu sel lebih kecil dan dua lainnya.
- c. Tipe Diasitik adalah tipe poros panjang sel penutup sejajar dengan sel tetangga.
- d. Tipe Aktinositik adalah tipe jumlah sel tetangga 4 atau lebih dan sel-selnya memanjang ke arah radial terhadap sel penutup.
- e. Tipe Siklositik adalah jumlah sel tetangga 4 atau lebih dan sel-selnya tersusun melingkar seperti cincin.²Pada umumnya stomata lebih banyak terdapat pada permukaan bawah dari pada

¹² Endang Gati Lestari, *Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan Pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, Dan IR 64*. (Jurnal Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan Pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 16 Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (Balitbiogen), Bogor: 2005), h. 1

permukaan atas daun. Pada beberapa tumbuhan stomata tidak terdapat pada permukaan bawah daun melainkan diatas permukaan atas daun.¹³

E. Mekanisme Kerja Stomata

Mekanisme kerja stomata akan membuka jika tekanan turgor kedua sel penjaga meningkat. Peningkatan tekanan turgor sel penjaga disebabkan oleh masuknya air ke dalam sel penjaga tersebut. Pergerakan air dari satu sel ke sel lainnya sebagaimana dijelaskan sebelumnya akan selalu dari sel yang mempunyai potensi air lebih tinggi ke sel dengan potensi air lebih rendah. Tinggi rendahnya potensi air sel akan tergantung pada jumlah bahan yang terlarut maka potensi osmotik sel akan semakin rendah. Dengan demikian, jika tekanan turgor sel tersebut tetap maka secara keseluruhan potensi air sel akan pula menurun. Untuk memacu agar air masuk ke sel penjaga, maka jumlah bahan yang terlarut di dalam sel tersebut harus ditingkatkan.¹⁴

F. Kerapatan Stomata

Stomata pada tumbuhan sebagian besar lebih banyak terdapat di permukaan bawah daun dibandingkan dengan bagian permukaan atas. Adaptasi ini akan meminimumkan kehilangan air yang terjadi lebih cepat melalui stomata pada bagian atas suatu daun yang terkena matahari. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Malia (2011), bahwa jumlah kerapatan

¹³Eddy Soekendarsih, *Op Cit*, h. 5.

¹⁴ Benyamin Lakitan, *Op Cit*, h. 58-59

stomata di bawah permukaan daun itu lebih tinggi dibandingkan di atas daun pada jenis tumbuhan peneduh jalan, sehingga semakin tinggi jumlah kerapatan stomata, semakin tinggi pula potensi menyerap logam berat atau partikel di udara.¹⁵

G. Fotosintesis

Masa depan manusia sedikit banyak ditentukan oleh produksi bahan makanan, bahan bakar dan serat melalui proses fotosintesis. Proses sintesis karbohidrat dari bahan-bahan anorganik (CO_2 dan H_2O) pada tumbuhan berpigmen dengan bantuan energi cahaya matahari disebut fotosintesis.

Fotosintesis merupakan proses dimana pigmen hijau (klorofil) pada tumbuhan menangkap energi cahaya dari matahari, yang bertujuan memelihara kelangsungan makhluk hidup di bumi, baik tumbuhan maupun hewan. Kelompok hewan mempertahankan hidupnya dengan makan, baik tumbuh-tumbuhan atau hewan-hewan yang lainnya yang dipelihara oleh tumbuhan.¹⁶

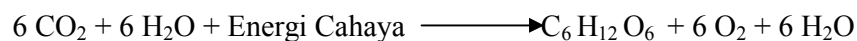
Seluruh bagian hijau tumbuhan, termasuk batang hijau dan buah yang belum matang, memiliki kloroplas, namun daun merupakan tempat utama fotosintesis pada sebagian besar tumbuhan. Terdapat sekitar setengah juta kloroplas per milimeter persegi permukaan daun. Warna daun berasal dari klorofil (*chlorophyll*), pigmen hijau yang terletak di dalam kloroplas. Energi cahaya yang di absorpsi (diserap) oleh klorofil menggerakkan sintesis molekul organik dalam kloroplas. Kloroplas terutama ditemukan dalam sel

¹⁵ S. Roifatul Hidayati, *Op Cit*, h. 27

¹⁶ James Schooley, *Introduction To Botany* (New York, Internatoinal Thomson Publishing Inc. 1997), h. 89

mesofil, jaringan di interior daun. Karbon dioksida memasuki daun dan oksigen keluar, melalui pori-pori mikroskopik yang disebut stomata. Air yang diserap oleh akar diangkut ke daun melalui pembuluh. Dan juga menggunakan pembuluh untuk mengeksport gula ke akar dan bagian-bagian nonfotosintetik lainnya dari tumbuhan. Sel mesofil biasanya memiliki sekitar 30 sampai 40 kloroplas, yang masing-masing berukuran sekitar 2-4 μm kali 4-7 μm . Selaput yang terdiri dari dua membrane menyelubungi stroma, cairan kental di dalam kloroplas. Suatu sistem rumit yang terdiri dari kantong-kantong bermembran yang saling terhubung yang disebut tilakoid, memisahkan stroma dari kompartemen lain yaitu interior tilakoid atau ruang tilakoid. Di beberapa tempat kantong-kantong tilakoid bertumpuk membentuk grana.¹⁷

Persamaan fotosintetik keseluruhan telah diketahui sejak tahun 1800-an, jika ada cahaya bagian-bagian hijau dari tumbuhan menghasilkan senyawa-senyawa organik dan oksigen dari karbon dioksida dan air. Dengan menggunakan rumus-rumus molekul, kita dapat merangkum serangkaian reaksi kimia yang kompleks dalam fotosintesis dengan persamaan kimia berikut ini:



Reaksi ini glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) digunakan untuk menyederhanakan hubungan antara fotosintesis dan respirasi. Produk langsung fotosintesis berupa gula berkarbon-tiga yang dapat digunakan untuk membuat glukosa.

¹⁷Eddy Soekendarsih, *Log Cit*, h. 7.

Air muncul di kedua sisi persamaan karena 12 molekul air di konsumsi, sedangkan 6 molekul baru terbentuk pada saat fotosintesis.¹⁸

Untuk mengetahui bagaimana cahaya menyebabkan terjadinya fotosintesis, perlu diketahui terlebih dahulu sifat-sifat cahaya. Cahaya memiliki sifat gelombang (*wave nature*) dan sifat partikel (*particle nature*). Cahaya mencakup bagian dari energi matahari dengan panjang gelombang antara 390 nm - 760 nm dan tergolong cahaya tampak. Kisaran ini merupakan porsi kecil dari kisaran spektrum elektromagnetik.¹⁹ Sifat cahaya sebagai partikel biasanya diekspresikan dengan pernyataan bahwa cahaya menerpa sebagai foton (photon) atau kuantum, yang merupakan suatu paket diskrit dari energi, dimana masing-masing dikaitkan dengan panjang gelombang tertentu. Energi dalam tiap foton berbanding terbalik dengan panjang gelombang. Cahaya biru dan ungu dengan gelombang yang lebih pendek memiliki lebih banyak foton energetik dibanding cahaya merah atau jingga dengan gelombang yang lebih pendek memiliki lebih panjang.

Daun dari kebanyakan spesies menyerap lebih dari 90% cahaya ungu dan biru, demikian pula untuk cahaya jingga dan merah. Hampir seluruh penyerapan ini dilakukan oleh pigmen-pigmen pada kloroplas. Pada membran tilakoid, setiap foton dapat mengeksitasi satu elektron dari pigmen karotenoid atau klorofil. Klorofil berwarna hijau merupakan bukti bahwa pigmen ini tidak efektif untuk menyerap cahaya hijau. Cahaya hijau oleh klorofil dipantulkan atau diteruskan. Penyerapan relatif untuk setiap panjang gelombang oleh pigmen dapat

¹⁸ Neil A. Campbell & Jane B. Reece, *Biologi Edisi Kedelapan* (Jakarta: Erlangga, 2008), h.202

¹⁹ Benyamin Lakitan, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: Rajawali Pers, 2012), h.117

diukur dengan spektrofotometer. Grafik penyerapan cahaya untuk kisaran panjang gelombang tertentu disebut spektrum serapan.²⁰

H. Mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq)

Tanaman mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) merupakan salah satu tanaman yang dianjurkan untuk pengembangan HTI (Hutan Tanaman Industri). Mahoni dalam klasifikasinya termasuk family *Meliaceae*. Ada dua spesies yang cukup dikenal yaitu: *Swietenia macrophylla* (mahoni daun lebar) dan *Swietenia mahagoni* (mahoni daun sempit).

Klasifikasi Mahoni:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledone
Ordo	: Retales
Famili	: <i>Meliaceae</i>
Genus	: <i>Swietenia</i>
Spesies	: <i>Swietenia mahagoni</i> L. Jacq.

Mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) yang berasal dari benua Amerika yang beriklim tropis sudah lama dibudidayakan di Indonesia dan sudah beradaptasi dengan iklim tropis di Indonesia. Nama asing dari tanaman ini adalah *West Indian Mahogany*. Tanaman mahoni banyak ditanam di pinggir jalan atau di lingkungan rumah dan halaman perkantoran sebagai tanaman peneduh. Tanaman ini tumbuh secara liar di hutan-hutan atau di antara

²⁰ Ibid, h. 120

semak-semak belukar. Tanaman mahoni yang dijadikan sebagai bahan pestisida alami adalah jenis mahoni *Swietenia mahagoni*.



Gambar 1. Daun *Swietenia mahagoni* L. Jacq.²¹

Mahoni termasuk pohon besar dengan tinggi pohon mencapai 35-40 m dan diameter mencapai 125 cm. Batang lurus berbentuk silindris dan tidak berbanir. Kulit luar berwarna coklat kehitaman, beralur dangkal seperti sisik, sedangkan kulit batang berwarna abu-abu dan halus ketika masih muda, berubah menjadi coklat tua, beralur dan mengelupas setelah tua. Mahoni baru berbunga setelah berumur 7 tahun, mahkota bunganya silindris, kuning kecokelatan, benang sari melekat pada mahkota, kepala sari putih, kuning kecokelatan. Buahnya buah kotak, bulat telur, berlekuk lima, warnanya coklat. Biji pipih, warnanya hitam atau coklat.

Mahoni dapat ditemukan tumbuh liar di hutan jati dan tempat-tempat lain yang dekat dengan pantai, atau ditanam di tepi jalan sebagai pohon pelindung. Tanaman yang asalnya dari Hindia Barat ini, dapat tumbuh

²¹Wikipedia Indonesia, *Mahoni* (On-Line), tersedia di: <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Mahoni>, (31 Maret 2016)

subur bila tumbuh di pasir payau dekat dengan pantai. Pohon mahoni bisa mengurangi polusi udara sekitar 47% - 69% sehingga disebut sebagai pohon pelindung sekaligus filter udara dan daerah tangkapan air. Daun-daunnya bertugas menyerap polutan-polutan di sekitarnya. Sebaliknya, dedaunan itu akan melepaskan oksigen (O_2) yang membuat udara di sekitarnya menjadi segar. Ketika hujan turun, tanah dan akar-akar pepohonan itu akan mengikat air yang jatuh, sehingga menjadi cadangan air. Sifat mahoni yang dapat bertahan hidup di tanah gersang menjadikan pohon ini sesuai ditanam di tepi jalan. Bagi penduduk Indonesia khususnya Jawa, tanaman ini bukanlah tanaman yang baru, karena sejak zaman penjajahan Belanda mahoni dan pohon asam sudah banyak ditanam di pinggir jalan sebagai peneduh terutama di sepanjang jalan yang dibangun oleh Deandels antara Anyer sampai Panarukan.²²

Mahoni dapat tumbuh dengan subur di pasir payau dekat dengan pantai dan menyukai tempat yang cukup sinar matahari langsung. Tanaman ini termasuk jenis tanaman yang mampu bertahan hidup di tanah gersang sekalipun. Walaupun tidak disirami selama berbulan-bulan, mahoni masih mampu untuk bertahan hidup. Syarat lokasi untuk budidaya mahoni diantaranya adalah ketinggian lahan maksimum 1.500 meter dpl, curah hujan 1.524-5.085 mm/tahun, dan suhu udara 11-36°C.²³

²²Muklison, *Pemilihan Pohon Sebagai Hutan Kota Dikawasan Perkotaan Yogyakarta*, (Jurnal Ilmu Kehutanan, Fakultas Kehutanan, UGM Vol VII, 2013), h. 3.

²³Abd. Rahman Sedi, *Uji Efektifitas Daun Pohon Mahoni (Swietenia macrophylla) Dan Pohon Angsa (Pterocarpus indicus) Dalam Menyerap Timbal (Pb) Di Udara*, (Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan dan Keolahragaan, Universitas Negeri Gorontalo, 2014), h. 4.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan September 2017. Penelitian akan dilaksanakan di dua tempat, penelitian yang pertama berlokasi di Jalan Pangeran Tirtayasa, Sukabumi, Bandar Lampung dan Jalan Radin Imba Kesuma, Sukadanaham, Bandar Lampung sebagai tempat survey polusi udara (menghitung banyaknya kendaraan yang lewat di dua jalan tersebut) dan pengamatan morfologi daun mahoni sebagai tanaman pelindung di pinggir jalan. Tempat yang kedua di Laboratorium Biologi UIN Raden Intan Lampung untuk pengamatan anatomi (kerapatan stomata) pada daun mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq).

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa alat tulis menulis, camera, gunting, tisu, gelas benda dan penutup, isolasi transparan, kutek warna transparan dan mikroskop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades dan daun dari tanaman mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq).

C. Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah daun Mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) dari ketiga titik ruas Jalan Pangeran Tirtayasa, Sukabumi, Bandar Lampung dan Jalan Radin Imba Kesuma, Sukadanaham, Bandar Lampung. Ketiga titik tersebut adalah titik pangkal jalan, titik tengah jalan dan titik ujung jalan. Setiap

titik ruas jalan diambil 15 anak daun dari 3 tangkai daun majemuk dalam satu tanaman Mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq). Tangkai daun majemuk pertama diambil dari dahan yang paling bawah (dahan pertama), tangkai daun majemuk kedua diambil dari dahan kedua (pertengahan antara dahan bawah dan dahan atas), sedangkan tangkai daun majemuk ketiga diambil dari dahan yang paling atas/dahan ketiga. Sampel yang digunakan adalah daun dari tanaman yang tidak terlalu tua maupun muda yang berwarna hijau muda. Daun yang diambil berasal dari bagian pertengahan tangkai daun majemuk, yaitu daun nomor 3 sampai nomor 7 yang mengarah ke jalan raya. Sampel tanaman yang dijadikan objek penelitian yaitu pohon-pohon mahoni yang belum berbuah, mempunyai ketinggian 5-10 m, dan diameter batang berkisar antara 25-30 cm.

D. Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan ex-postfacto dengan pendekatan laboratorik. Penelitian ex-postfacto merupakan penelitian di mana variabel-variabel bebas telah terjadi ketika peneliti mulai dengan pengamatan variabel terkait dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini, keterikatan antar variabel bebas dengan variabel bebas, maupun antar variabel bebas dengan variabel terkait sudah terjadi secara alami dan peneliti dengan setting tersebut ingin melacak kembali jika kemungkinan apa yang menjadi faktor penyebabnya.¹ Adapun kegunaan dari pendekatan laboratorik ini yaitu di gunakan untuk mengetahui gambaran kerapatan stomata pada tanaman Mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq).

¹ Sukardi, *Metodelogi Penelitian Pendidikan* (Jakarta: Bumi Aksara, 2011), h. 165

E. Cara Kerja

1. Tahap Persiapan

Peneliti menyiapkan alat dan bahan terlebih dahulu berupa alat tulis menulis, camera, gunting, tisu, gelas benda dan penutup, isolasi transparan, kutek warna transparan, mikroskop dan daun mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq). Peneliti juga menentukan lokasi yang akan digunakan sebagai tempat penelitian yaitu di laboratorium Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.

2. Tahap pelaksanaan

Untuk memperoleh data dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan langsung pada obyek yang akan diteliti di laboratorium, yaitu dengan melihat jumlah stomata daun Mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) dengan menggunakan metode replika.

Pembuatan preparat untuk melihat kerapatan stomata dengan metode replika:

1. 15 anak daun pada setiap titik di ruas jalan yang sudah diambil, dibersihkan permukaan atas dan bawah daunnya dengan menggunakan tisu untuk menghilangkan debu/kotoran.
2. Permukaan daun diolesi kutek warna transparan tipis-tipis dan dibiarkan kering selama 10 menit.
3. Setelah kering bagian yang diolesi kutek ditempel isolasi kemudian langsung dibuka sehingga kutek langsung terbawa sebagai cetakan stomata.

4. Cetakan diletakkan di atas gelas benda, lalu ditutup gelas penutup.
5. Preparat diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran yang sama (10x).²

F. Teknik Analisis Data

Untuk mengetahui kerapatan stomata pada daun Mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) yang diteliti, maka data yang didapatkan kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Adapun kerapatan stomata dihitung dengan menggunakan persamaan berikut³ :

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang}}$$

G. Alur Kerja Penelitian

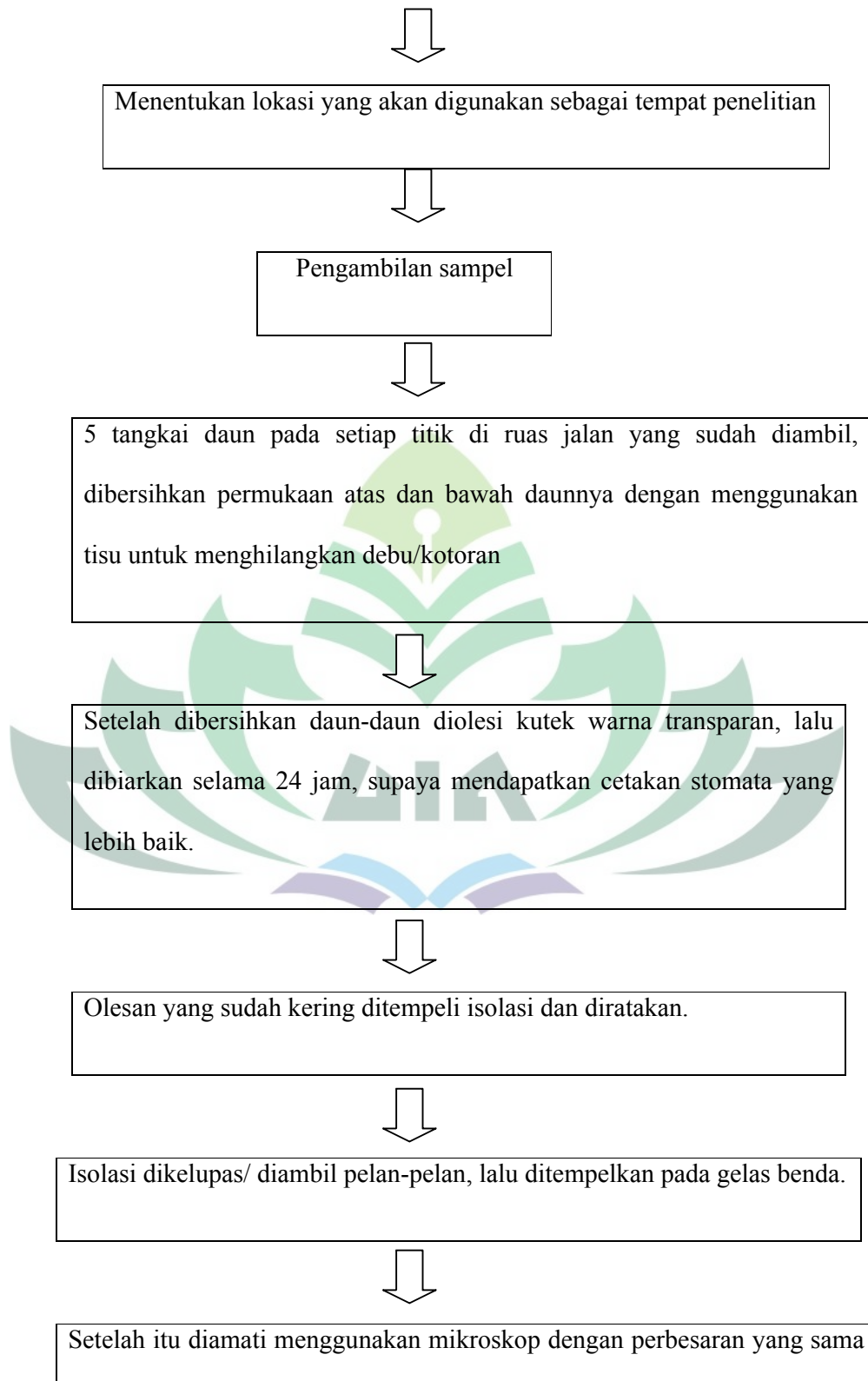
1. **Membuat preparat untuk melihat jumlah stomata dengan metode replika.**

Persiapan

Menyiapkan alat dan bahan terlebih dahulu berupa mikroskop, alat tulis menulis, gunting, camera, gelas benda dan penutup, isolasi transparan, kutek warna transparan, mikroskop dan daun mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq).

²Andri Widia Satolom, *Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata Dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni (Swietenia Macrophylla) Pada Beberapa Jalan Di Gorontalo*, (Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo, 2010), h. 4

³Gita Prima Yudha, "Pertumbuhan Daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) dan Akumulasi Logam Timbal (Pb)," (Padang: Jurusan FMIPA Universitas Andalas, 2013), h. 2



(40x)



Hasil penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kerapatan Stomata Daun Mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq)

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian mengenai kerapatan stomata daun mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) sebagai tanaman pelindung di Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma memperlihatkan adanya peningkatan kerapatan stomata seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan. Total lokasi yang dijadikan tempat penelitian yaitu terdapat enam lokasi, tiga lokasi di Jalan Pangeran Tirtayasa yaitu di pangkal jalan, tengah jalan, dan ujung jalan. Sedangkan tiga lokasi di Jalan Raden Imba Kesuma terdiri dari pangkal jalan, tengah jalan, dan ujung jalan.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan nilai rata-rata kerapatan stomata daun mahoni yang berbeda-beda pada kedua Jalan tersebut. Rata-rata nilai kerapatan stomata daun mahoni pada Jalan Pangeran Tirtayasa yaitu berkisar antara 122,96 sampai 360,11. Pada Jalan Pangeran Tirtayasa lokasi 1 menunjukkan nilai rata-rata sebesar 360.11, lokasi 2 memiliki nilai rata-rata yaitu 122.96, dan lokasi 3 dengan nilai rata-rata 274.38. Sedangkan di Jalan Raden Imba Kesuma rata-rata nilai kerapatan stomata daun mahoni berkisar antara 177,46 sampai 345,12, lokasi 1 dengan nilai rata-rata 345.12, lokasi 2 dengan jumlah rata-rata 211.88, dan lokasi 3 dengan nilai 177.46.

Kerapatan stomata dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu kerapatan rendah ($<300/\text{mm}^2$), kerapatan sedang ($300-500/\text{mm}^2$), dan kerapatan tinggi ($>500/\text{mm}^2$). Penentuan kerapatan stomata dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang stomata (mm}^2\text{)}}^1$$

$$\text{Dimana, Luas Bidang Pandang} = 3.14 \times (2^2)^2$$

Tabel 1. Hasil Kerapatan Stomata Daun Mahoni Di Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma.

No	Nama Jalan	Lokasi	Kerapatan Stomata (per mm^2)	Kriteria Kerapatan
1	Pangeran Tirtayasa	Lokasi 1	360.11	Sedang
		Lokasi 2	122.96	Rendah
		Lokasi 3	274.38	Rendah
2	Raden Imba Kesuma	Lokasi 1	345.12	Sedang
		Lokasi 2	211.88	Rendah
		Lokasi 3	177.46	Rendah

Kriteria : Kerapatan Stomata Rendah ($<300/\text{mm}^2$)
 Kerapatan Stomata Sedang ($300-500/\text{mm}^2$)
 Kerapatan Stomata Tinggi ($>500/\text{mm}^2$)³

¹Ratih Kusuma Ningrum, “Studi Anatomi Daun dari Tiga Anggota Suku Malvaceae di Kawasan Waduk Jatiluhur”, (Jurnal FMIPA Institut Pertanian Bogor, Vol 13, Bogor, 2016), h. 3

²Asep Zainal Mutaqin, “Studi Anatomi Stomata Daun Mangga (*Mangifera indica*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan”, (Jurnal FMIPA Universitas Padjajaran, Vol 1, Bandung, 2016), h. 4

Hasil penelitian kerapatan stomata daun mahoni pada Jalan Pangeran Tirtayasa lokasi 1 termasuk kategori kerapatan sedang yaitu sebesar 360.11, kerapatan stomata rendah ditunjukkan pada lokasi 3 yaitu dengan nilai 274.38, dan juga pada lokasi 2 memiliki nilai kerapatan stomata rendah yaitu 122.96.

Pada lokasi 1 Jalan Raden Imba Kesuma mempunyai nilai rata-rata kerapatan stomata kategori sedang yaitu sebesar 345.12, pada lokasi 2 mempunyai nilai kerapatan stomata rendah dengan nilai 211.88, sedangkan nilai kerapatan stomata pada lokasi 3 yaitu sebesar 177.46 termasuk dalam kategori kerapatan rendah.

Berdasarkan data yang diuraikan diatas terlihat bahwa nilai rata-rata kerapatan stomata daun mahoni berbeda-beda di setiap lokasinya, baik di Jalan Pangeran Tirtayasa maupun di Jalan Raden Imba kesuma. Nilai kerapatan stomata pada lokasi 1 Jalan Pangeran Tirtayasa yaitu sebesar 360.11 termasuk kedalam kriteria kerapatan sedang ($300-500/\text{mm}^2$). Peningkatan kerapatan stomata daun mahoni pada lokasi 1 tersebut merupakan respon dari tumbuhan terhadap peningkatan polusi udara yang disebabkan oleh meningkatnya intensitas kendaraan. Dengan adanya peningkatan intensitas kendaraan maka tumbuhan merespon dengan meningkatkan jumlah stomata, sedangkan banyaknya jumlah stomata akan menentukan kerapatan stomata pada daun suatu tumbuhan.

Pada Jalan Raden Imba Kesuma, nilai rata-rata kerapatan stomata kriteria sedang ($300-500/\text{mm}^2$) ditunjukkan pada lokasi 1 yaitu sebesar 345.12. Pada lokasi 2

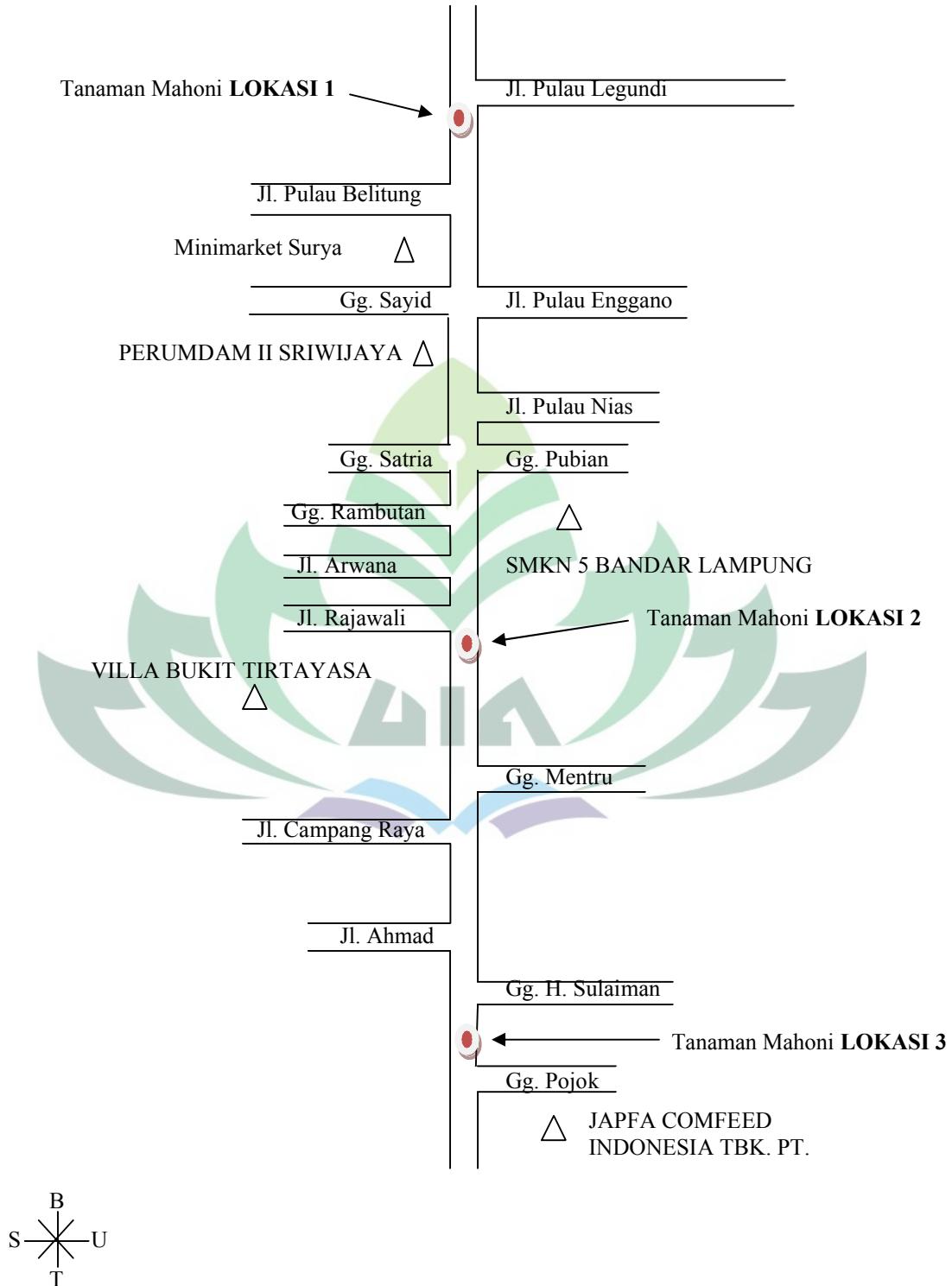
³ Lina Juairiah, “Studi Karakteristik Stomata Beberapa Jenis Tanaman Revegetasi Di Lahan Pasca Penambangan Timah Di Bangka”, (Jurnal UPT Balai Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya Cibodas-LIPI, Vol 1, Cibinong, 2014), h. 2

memiliki nilai rata-rata kerapatan stomata sebesar 211.88 termasuk kategori kerapatan rendah ($<300/\text{mm}^2$). Pada lokasi ini Intensitas kendaraan menurun, karena banyaknya kendaraan yang terurai ke Jalan Sultan Badarudin 2 serta banyak kendaraan yang berhenti di sekolah dan perumahan. Pada lokasi 3 Jalan Raden Imba Kesuma memiliki nilai rata-rata kerapatan stomata rendah juga dengan nilai 177.46. Hal ini ditandai dengan banyaknya kendaraan yang berhenti di tempat wisata seperti lembah hijau, Bukit Mas dan Puncak Mas.

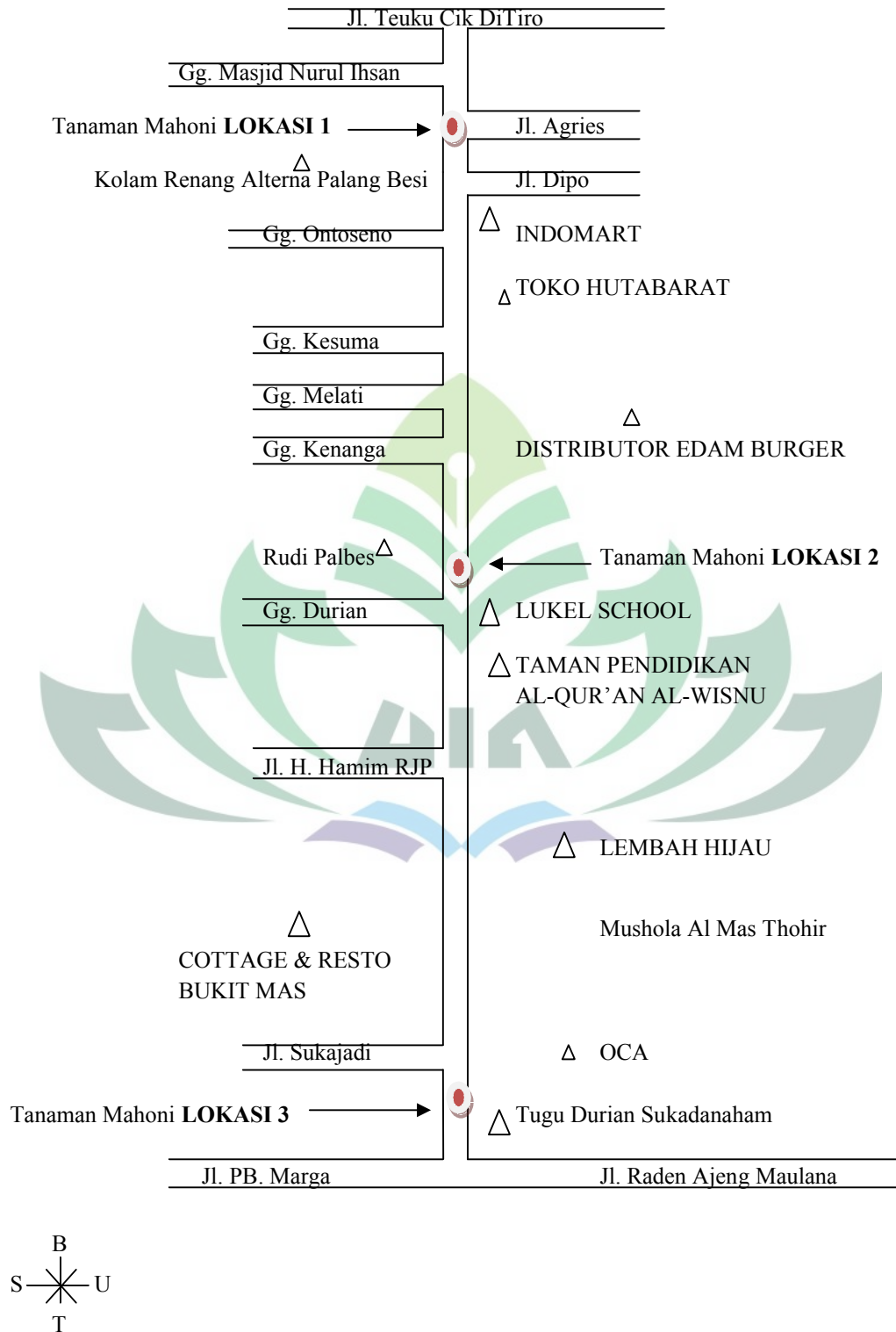
Gambaran lokasi Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma dapat dilihat pada denah lokasi berikut:



➤ Peta Lokasi Jalan Pangeran Tirtayasa



➤ Peta Lokasi Jalan Raden Imba Kesuma



Perbedaan nilai rata-rata kerapatan stomata disebabkan berbedanya jumlah stomata daun mahoni pada masing-masing lokasi Jalan Pangeran Tirtayasa maupun Jalan Raden Imba Kesuma, perbedaan jumlah stomata menentukan kerapatan stomata yang berbeda-beda pula. Peningkatan jumlah stomata merupakan respon tumbuhan disebabkan oleh peningkatan polusi udara yang ditandai dengan meningkatnya intensitas kendaraan roda dua maupun roda empat.

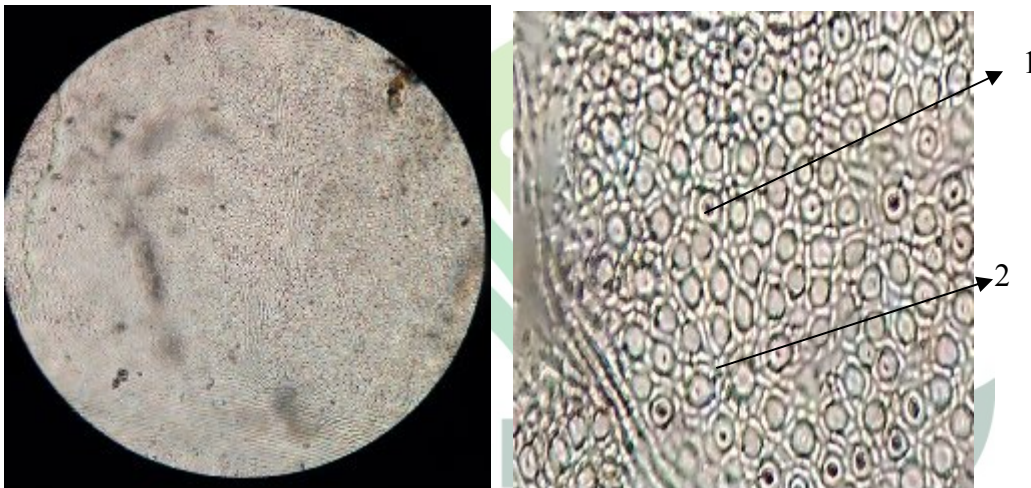
Selain jumlah stomata yang meningkat, ukuran stomata pun meningkat. Ukuran panjang stomata yang meningkat merupakan indikasi adaptasi tanaman terhadap pencemar udara. Tanaman yang tumbuh di lingkungan terpolusi cenderung akan mempertahankan dirinya dengan meningkatkan ukuran stomata. Ukuran panjang stomata yang meningkat sangat membantu dalam penyerapan CO₂ untuk fotosintesis. Selain itu ukuran stomata dapat digunakan sebagai bioindikator dan biomonitoring udara. Semakin besar ukuran stomata, maka akan semakin baik dalam penyerapan polusi udara.⁴ Letak stomata yang ditemukan pada tumbuhan sangat bervariasi. Stomata merupakan celah dalam epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis yang khusus, yakni sel penjaga. Stomata biasanya ditemukan pada bagian tumbuhan yang berhubungan dengan udara terutama di daun, batang dan rizoma. Stomata umumnya

⁴Ratnasari, “*Karakteristik Morfologi, Anatomi, dan Kandungan Klorofil Lima Kultivar Tanaman Penyerap Polusi Udara Sansevieria trifasciata*”, (Skripsi Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2015), h. 11

terdapat pada permukaan bawah daun, tetapi ada beberapa spesies tumbuhan dengan stomata pada permukaan atas dan bawah daun.⁵

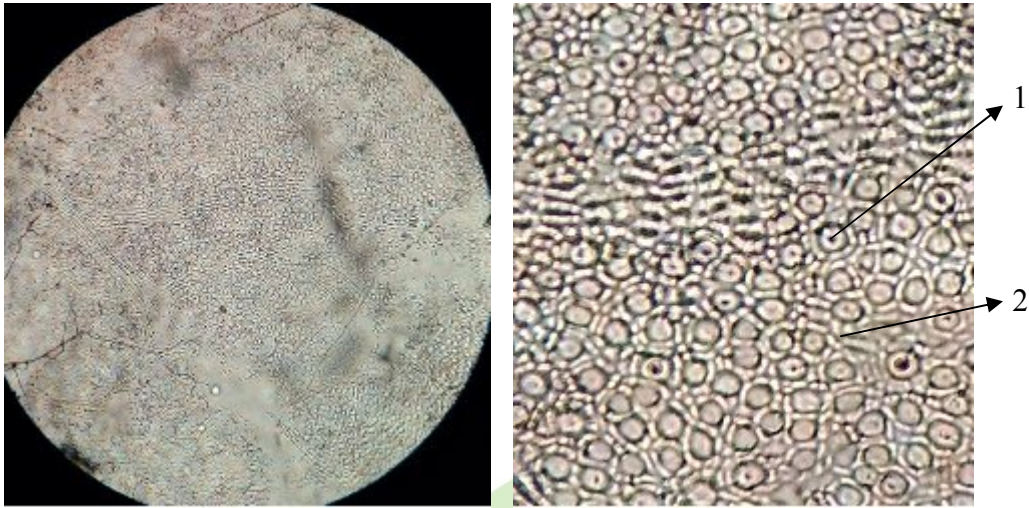
Pada penelitian mengenai kerapatan stomata daun mahoni yang telah diteliti pada masing-masing lokasi Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma, letak stomata ditemukan pada bagian permukaan bawah daun.

Gambar hasil pengamatan kerapatan stomata dapat dilihat dibawah ini:

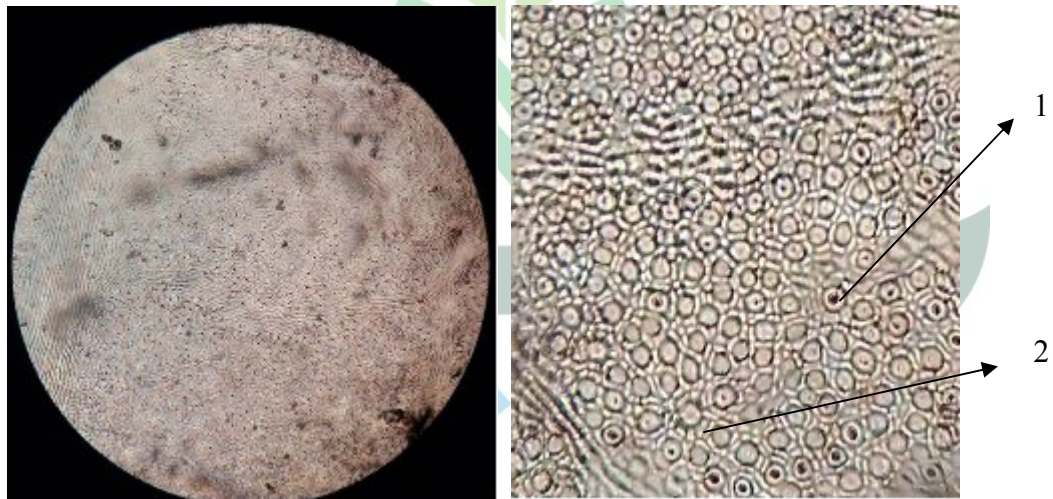


Gambar 1. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 1 Jl. Pangeran Tirtayasa

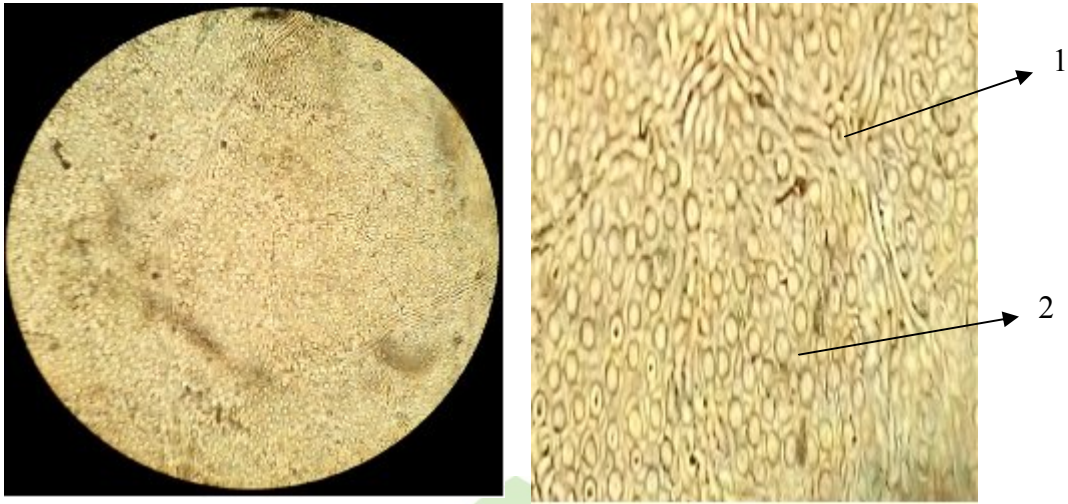
⁵Purri Rahayu, Ainur Rofieq, Muizzudin, “*Perbedaan Anatomi Jaringan Stomata Berbagai Daun Genus Allamanda*”, (Jurnal Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi, Jurusan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang, 2015), h. 4



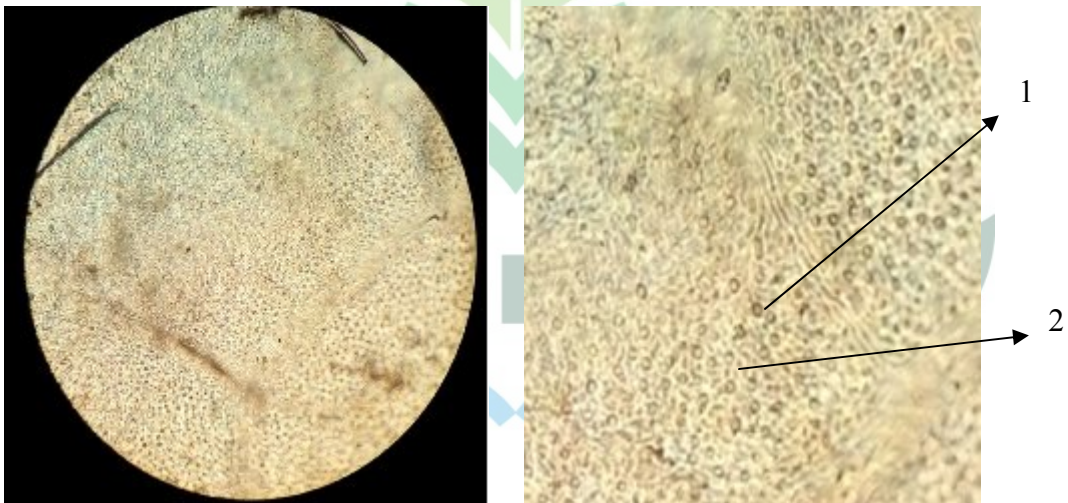
Gambar 2. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 2 Jl. Pangeran Tirtayasa



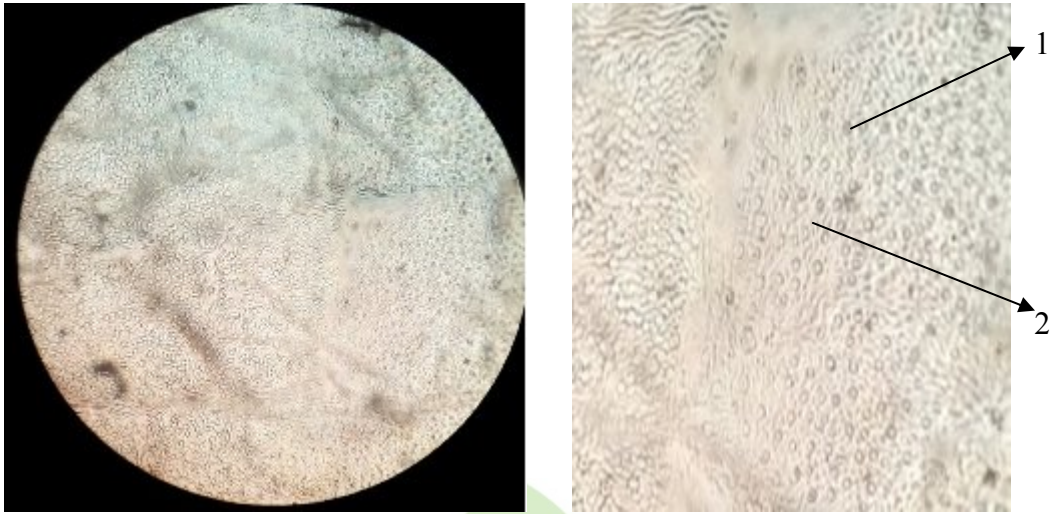
Gambar 3. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 3 Jl. Pangeran Tirtayasa



Gambar 4. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 1 Jl. Raden Imba Kesuma



Gambar 5. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 2 Jl. Raden Imba Kesuma



Gambar 6. Kerapatan Stomata Daun Mahoni Pada Lokasi 3 Jl. Raden Imba Kesuma

Keterangan :

1. Stomata
2. Sel epidermis

Kerapatan stomata daun mahoni meningkat pada lokasi-lokasi jalan yang memiliki kadar polutan tinggi yang disebabkan oleh meningkatnya intensitas kendaraan bermotor. Peningkatan kerapatan stomata ditandai oleh jumlah stomata yang semakin meningkat. Peningkatan jumlah stomata merupakan respon dari suatu tanaman terhadap kondisi lingkungan seperti meningkatnya kadar polutan di udara.

Peningkatan kadar polutan di udara salah satunya yaitu timbal sangat dipengaruhi oleh emisi gas buang kendaraan bermotor. Timbal merupakan salah satu jenis logam berat yang memiliki bobot atom lebih besar dari bobot atom kalsium dan densitasnya lebih besar dari $5/\text{cm}^3$. Keberadaan logam berat di lingkungan berasal dari dua sumber yaitu dari alam (vulkanik) dan antropogenik (aktivitas manusia).

Sumber antropogenik berasal dari aktivitas manusia, misalnya industri pertambangan, cat, penapisan logam, baterai, kaleng, yang merupakan sumber cukup besar adalah pembuangan gas kendaraan bermotor.

Respon tanaman terhadap polutan bertambahnya jumlah stomata, sel epidermis lebih sedikit, serta meningkatnya indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap polusi udara. Hal ini merupakan respon tumbuhan terhadap kehadiran polutan dari aktivitas transportasi sebagai upaya tumbuhan untuk mengurangi terdifusinya polutan udara ke dalam jaringan daun tumbuhan.⁶ Tanaman juga memodifikasi dirinya dengan meningkatkan kerapatan stomata dan indeks stomata guna untuk penangkapan CO₂, hal tersebut diikuti juga dengan penebalan yang terjadi pada jaringan palisade dan bunga karang yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi fotosintesis, sehingga dapat bertahan hidup.⁷

Membuka dan menutupnya stomata disebabkan oleh masuk atau keluarnya air ke dalam atau ke luar sel penjaga. Masuknya air ke dalam vakuola sel penjaga akan meningkatkan turgor sel penjaga. Peningkatan turgor ini menyebabkan terjadinya perubahan volume dan bentuk sel penjaga juga meningkatkan pembukaan. Proses sebaliknya akan terjadi bila air keluar dari vakuola sel penjaga. Membuka dan menutupnya stomata dipengaruhi oleh beberapa faktor biologi dan lingkungan.

⁶Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowangko, Abu bakar Sidik Katili, “*Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni (Swietenia maccrophylla King), Pada Beberapa Jalan Di Gorontalo,*” (Jurnal Program Studi Biologi Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo 2011), h. 8

⁷Astri Nur Andini, “*Anatomi Jaringan Daun dan Pertumbuhan Tanaman Celosia Cristata, Chatharanthus reseus, dan Gomphrena Globosa Pada Lingkungan Udara Tercemar.*” (Jurnal Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011), h. 8

Dalam kondisi alami faktor yang terpenting adalah penyediaan air ke daun, konsentrasi CO₂ di dalam daun, pengaruh cahaya dan faktor suhu.⁸

Kerapatan stomata dalam satu unit area permukaan daun sangat bervariasi. Hal ini ditimbulkan oleh perbedaan lingkungan tempat tumbuh dan faktor genetik yang sangat mempengaruhi morfogenesis stomata. Ketersediaan air, intensitas cahaya, suhu, dan konsentrasi CO₂ merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kerapatan stomata. Banyaknya pencemar yang masuk ke dalam jaringan daun tanaman sesuai dengan jenis, konsentrasi pencemar di udara dan lamanya selang waktu pembukaan stomata akan menentukan tingkat kerusakan tanaman. Kerapatan stomata sangat bergantung pada konsentrasi karbondioksida (transpirasi), yaitu jika karbondioksida naik atau tinggi, maka jumlah stomata per satuan luas akan lebih sedikit. Selain itu semakin banyak karbondioksida semakin banyak stomata yang terbuka, jika stomata banyak yang terbuka menandakan banyak pencemaran.⁹

Perbedaan kerapatan stomata merupakan indikasi respon tanaman terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti stres air dan unsur hara, untuk mempertahankan fungsi fisiologisnya, misalnya untuk fotosintesis, respirasi dan transpirasi pada daun. Hal ini menunjukkan bahwa meski kerapatan stomata merupakan faktor genetik, fenotifnya sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Tingkat ketersediaan air yang sedikit dapat meningkatkan kerapatan stomata. Tanaman yang

⁸ Rachmawati, “*Uji Pencemaran Udara Oleh Partikulat Debu Di Sekitar Terminal Lebak Bulus Berdasarkan Bioindikator Stomata pada Tanaman Glodogan (Polyalthia longifolia)*”, (Skripsi Program Sarjana, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2006), h. 24

⁹ Rachmawati, *Ibid*, h. 25

tumbuh di daerah kering dan banyak mendapat penyinaran matahari akan mempunyai kerapatan stomata yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh di daerah basah dan terlindungi. Contohnya kerapatan stomata permukaan bawah daun dua kultivar Zaitun meningkat sebesar 49,9% dan 52,2% pada kultivar Mastoidis akibat cekaman kekeringan. Tanaman yang mempunyai kerapatan stomata yang besar akan memiliki laju transpirasi yang lebih tinggi dari pada tanaman dengan kerapatan stomata yang rendah.¹⁰

Stomata berperan penting bagi kehidupan tumbuhan, karena pori stomata merupakan tempat terjadinya pertukaran gas dan air antara atmosfer dengan sistem ruang antar sel yang berada pada jaringan mesofil dibawah epidermis. Stomata berperan penting dalam proses fotosintesis, karena proses terjadinya fotosintesis pada tumbuhan berada di stomata. Keadaan stomata pada tumbuhan dipengaruhi beberapa faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor-faktor internal meliputi ukuran daun, tebal tipisnya daun, ada tidaknya lapisan lilin pada permukaan daun, banyak sedikitnya bulu pada permukaan daun dan lain-lain. Sedangkan faktor-faktor eksternal seperti suhu, intensitas cahaya, kelembaban udara, kandungan air dan lain-lain.¹¹

Kerapatan stomata merupakan karakter yang berhubungan dengan efisiensi penggunaan air daun. Stomata yang rapat memang dapat meningkatkan evaporasi

¹⁰ Lina Juairiah, “*Studi Karakteristik Stomata Beberapa Jenis Tanaman Revegetasi Di Lahan Pasca Penambangan Timah Di Bangka.*” (Jurnal UPT Balai Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya Cibodas-LIPI, Cibodas, 2014), h. 5

¹¹ Purri Rahayu, Ainur Rofieq, Muizzudin, “*Op Cit*”, h. 5

pendinginan daun dan mempercepat asimilasi CO₂ selama periode pembukaan stomata (pagi dan sore hari).¹² Kerapatan stomata berhubungan erat dengan proses metabolisme ataupun fisiologis tumbuhan. proses metabolisme ataupun fisiologis tumbuhan misalnya transpirasi dan fotosintesis. Ketersediaan air dan cahaya mempengaruhi proses fotosintesis.¹³

Penyerapan zat hara akan berlangsung lancar saat kesediaan air yang cukup melimpah sehingga kapasitas fotosintesis tinggi. Kapasitas fotosintesis yang tinggi akan menghasilkan materi organik yang lebih banyak dan akan digunakan untuk pembelahan sel. Sehingga jumlah stomata lebih banyak.¹⁴

Cekaman lingkungan dapat menyebabkan stomata menutup pada siang hari. Ketika tumbuhan sedang kekurangan air, sel penjaga bisa kehilangan turgornya. Selain itu hormon yang disebut asam absisat, yang dihasilkan di dalam sel mesofil sebagai tanggapan terhadap kekurangan air akan memberikan sinyal pada sel penjaga untuk menutup stomata sehingga memperlambat proses fotosintesis.¹⁵ Suhu tinggi juga merangsang penutupan stomata, kemungkinan melalui perangsangan respirasi seluler dan peningkatan konsentrasi CO₂ di dalam ruangan udara pada daun. Suhu tinggi dan transpirasi yang berlebih bisa menyebabkan penutupan stomata untuk

¹² Lina Juairiah, *Op Cit*, h. 6

¹³ Yasminatul Khoiroh, Nunung Harijati, dan Retno Mastuti, “Pertumbuhan Serta Hubungan Kerapatan Stomata Dan Berat Umbi Pada *Amorphophallus Muelleri* Blume Dan *Amorphophallus variabilis* Blume,” (Jurnal Biotropika, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang, Malang, 2014), h. 8

¹⁴ Anita Rahayu Istiqomah, Widya Mudyantini, Endang Anggarwulan, “Pertumbuhan Dan Struktur Anatomi Rumput Mutiara (*Hedyotis corymbosa* L. Lamk.) Pada Ketersediaan Air Dan Intensitas Cahaya Berbeda.” (Jurnal Biologi, FMIPA UNS Surakarta, 2010), h. 10-11

¹⁵ Neil A. Campbell et.al., *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1*, (Jakarta: Erlangga, 2012), h. 332

beberapa saat pada tengah hari. Dengan demikian, sel-sel penjaga melanggar kompromi fotosintesis atas dasar waktu ke waktu dengan cara memadukan stimulus internal dan eksternal. Ketika seringnya stomata menutup maka penangkapan CO₂ berkurang sehingga proses fotosintesis menjadi terhambat.¹⁶

Tanaman mahoni memiliki tipe stomata parasitik yaitu tiap sel panjang bergantung dengan satu atau lebih sel tetangga, sumbu membujurinya sejajar dengan sumbu sel tetangga dan apertur terdapat pada Rubiaceae dan Magnoliaceae. Stomata memiliki fungsi sebagai pintu masuknya CO₂ dan keluarnya uap air ke daun atau dari daun. Besar kecilnya pembukaan stomata merupakan regulasi terpenting yang dilakukan oleh tanaman, dimana tanaman berusaha memasukkan CO₂ sebanyak mungkin tetapi dengan mengeluarkan air sedikit mungkin, untuk mencapai efisiensi pertumbuhan yang tinggi. Jika CO₂ di atmosfer meningkat, tanaman tidak membutuhkan pembukaan stomata maksimum untuk mencapai kadar CO₂ optimum di dalam daun, sehingga laju pengeluaran air dapat di kurangi. Apabila kekurangan air makin parah, tahanan mesofil juga akan meningkat karena adanya kerusakan permanen pada peralatan fotosintesis.¹⁷

Tumbuhan sebagai indikator pencemaran udara, daunnya merupakan bagian yang paling peka terhadap pencemaran. Daun dengan stomatanya sebagai pintu masuk pertukaran gas dan uap air antara tumbuhan dengan lingkungan. Banyaknya

¹⁶ Neil A. Campbell, et.al., *Ibid*, h. 332

¹⁷ Gutti Gratimah, “*Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO₂ Antropogenik Di Pusat Kota Medan*,” (Skripsi Prodi Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2009), h. 15

gas yang masuk ke dalam tubuh tumbuhan sangat dipengaruhi oleh luas stomata.¹⁸ Tingkat kepekaan tumbuhan berhubungan dengan kemampuannya untuk menyerap dan mengakumulasi zat pencemar. Zat-zat tercemar akan terdifusi ke dalam daun melalui stomata yang juga dipengaruhi oleh keadaan udara di sekitarnya. Hal ini dikarenakan stomata berfungsi sebagai pintu gerbang pertukaran gas dan uap air antara tumbuhan dengan lingkungan sekitar. Pencemaran udara disekitar jalan raya yang salah satunya karena emisi kendaraan bermotor dapat mempengaruhi anatomi stomata, karena stomata merupakan bagian tumbuhan tempat terjadinya penyerapan zat pencemar. Dengan demikian, daun merupakan organ tumbuhan sebagai bioindikator yang paling peka terhadap lingkungan dengan melihat kerusakan secara makroskopis atau mikroskopis (anatomi) organ tumbuhan.¹⁹

B. Morfologi Daun Mahoni di Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma Bandar Lampung

Hasil pengamatan yang telah dilakukan mengenai morfologi tanaman mahoni sebagai pohon pelindung di Jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma menunjukkan keadaan fisik daun yang berbeda-beda.

¹⁸ Waryanti, Irawan Sugoro, Dasumiati, "*Angsana (Pterocarpus indicus) Sebagai Bioindikator Untuk Polusi Di Sekitar Terminal Lebak Bulus*", (Jurnal Program Studi Biologi FST, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2015), h. 2

¹⁹ Asep Zainal Mutaqin, "*Studi Anatomi Stomata Daun Mangga (Manifera indica) berdasarkan perbedaan lingkungan*", (Jurnal Program Studi Biologi FMIPA, Universitas Padjajaran, Bandung, 2016), h. 4



Gambar 7. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Pangeran Tirtayasa Lokasi 1



Gambar 8. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Pangeran Tirtayasa Lokasi 2



Gambar 9. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Pangeran Tirtayasa Lokasi 3

Daun mahoni yang terdapat di Jalan Pangeran Tirtayasa lokasi 1 terlihat masih baik, namun pada beberapa helai anak daun terdapat sedikit kerusakan berupa lubang kecil (bolong-bolong kecil) di sekitar tengah daun. Warna daun menunjukkan hijau tua, dan dilapisi sedikit debu disekitar permukaan atas maupun bawah daun. Morfologi daun mahoni pada lokasi 2 masih terlihat baik, warna daun hijau tua, tidak ada terdapat debu, hanya terdapat sedikit bercak berwarna kecoklatan di bagian tepi daun. Sedangkan morfologi daun mahoni pada lokasi 3 terlihat berdebu tebal yang menutupi hampir seluruh permukaan daun.

Morfologi daun mahoni yang terdapat di Jalan Raden Imba Kesuma pada lokasi 1 dan lokasi 2 terlihat hijau muda dan masih dalam kondisi baik, tidak terdapat kerusakan seperti bercak kekuningan/ kecokelatan, dan tidak terlihat debu disekitar permukaan daunnya. Sedangkan pada Lokasi 3 daun mahoni mengalami sedikit kerusakan yaitu adanya robekan di tepi daunnya serta terlihat bercak putih dan bercak kekuningan di sekitar permukaan atas daun.



Gambar 10. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Raden Imba Kesuma Lokasi 1



Gambar 11. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Raden Imba Kesuma Lokasi 2



Gambar 12. Keadaan Daun Mahoni di Jl. Raden Imba Kesuma Lokasi 3

Berdasarkan gambar morfologi keadaan daun mahoni diatas, dapat diketahui bahwa kerusakan banyak terjadi pada daun yang tumbuh di jalan yang memiliki polusi udara tinggi yang ditandai oleh intensitas kendaraan yang tinggi. Kerusakan yang terjadi pada daun mahoni tersebut antara lain yaitu, terdapat bolong-bolong kecil pada daun, terdapat bercak putih dan bercak kekuningan pada permukaan daun, serta banyak debu tebal yang menyelimuti permukaan daun. Sedangkan daun yang tumbuh disekitar jalan yang rendah polusi menunjukkan morfologi daun yang masih

baik, daun berwarna hijau muda, masih terlihat segar, tidak terdapat bercak putih ataupun kuning, dan tidak terdapat debu disekitar permukaan daunnya.

Polusi udara yang menyebabkan kerusakan pada daun mengandung bahan-bahan kimia yang melampaui batas. Bahan kimia yang merupakan zat pencemar udara diantaranya yaitu karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO_2), senyawa hidrokarbon dan partikulat logam. Pencemaran udara ini dapat berbentuk padatan, seperti partikel kecil yang disebabkan oleh debu yang berterbangan akibat tiupan angin, asap dari industri dan kendaraan bermotor, serta proses pembusukan sampah organik. Pencemaran udara selain berbentuk padatan juga berbentuk cairan seperti air hujan maupun bahan kimia yang cukup dominan (bentuk gas seperti Ozon, CO_2).

Zat polutan hidrokarbon yang berupa etilen (C_2H_4), dapat mengakibatkan kerusakan tanaman terutama dapat menghambat pertumbuhan yang ditandai dengan perubahan warna daun dan kematian bagian-bagian bunga. Partikel yang berupa debu yang berada pada daun tanaman akan memberi lapisan kerak pada permukaan daun. Apabila lapisan kerak pada permukaan daun dalam jumlah banyak, akan dapat mengganggu proses fotosintesis pada tanaman.

Dari beberapa penyebab polusi udara yang ada, emisi transportasi adalah sebagai penyumbang pencemaran udara paling tinggi, yaitu sekitar 85%, hal tersebut tampak dengan jelas, karena sebagian besar kendaraan bermotor menghasilkan emisi gas buang yang buruk, baik akibat perawatan yang kurang memadai, atau dari penggunaan bahan bakar dengan kualitas yang kurang baik, contohnya kadar timbal

yang tinggi. Emisi gas buang yang berupa asap knalpot dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna, dan mengandung timbal atau timah hitam (Pb), oksida nitrogen (NO_x), oksida sulfur (SO₂), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia (OX). Emisi gas buang yang paling signifikan dari kendaraan bermotor ke atmosfer berdasarkan massa, adalah gas karbondioksida (CO₂), dan uap air (H₂O) yang didapatkan dari pembakaran bahan bakar yang berlangsung sempurna yang dapat dicapai dengan tersedianya suplai udara yang berlebih. Namun kondisi pembakaran yang sempurna dalam mesin kendaraan jarang sekali terjadi.²⁰

E. Kerusakan Lingkungan Dalam Pandangan Islam

Manusia adalah makhluk sempurna yang mempunyai akal, sehingga dapat berusaha meningkatkan dan memperbaiki taraf kehidupannya. Manusia akan terus memperjuangkan kesejahteraan hidupnya sampai akhir hayat. Bagi semua bangsa, usaha untuk meningkatkan kesejahteraan kualitas hidupnya adalah bagian topik utama bagi seluruh dunia. Tetapi, dalam usaha tersebut semua bangsa memiliki perbedaan cara, perbedaan kesempatan, dan perbedaan dana, untuk mencapai kesejahteraan hidup yang diinginkannya. Banyak Negara-negara yang sudah maju dan berkembang, dan juga tidak sedikit Negara-negara yang masih kekurangan dari segi modal, sehingga mempunyai banyak hambatan dalam kemajuan negaranya.

²⁰ Ismiyati, “Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor”, (Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Vol 1 No 3, Jakarta, 2014), h. 4

Allah SWT menciptakan manusia mempunyai tujuan yang salah satunya untuk mengelola dan memakmurkan bumi. Namun seiring berjalannya waktu, banyak terjadi perubahan baik dari segi masyarakat sosial maupun alam lingkungan hidupnya. Perubahan tersebut banyak sekali terjadi yang sebenarnya diakibatkan karena perbuatan manusia itu sendiri. Guna memakmurkan bumi dan melestarikan lingkungan hidupnya, maka manusia harus difungsikan secara optimal dalam memelihara lingkungan hidup demi terciptanya kesejahteraan antar sesama manusia dan dengan makhluk lainnya.

Lingkungan adalah bagian yang terpenting dalam kehidupan manusia. Lingkungan merupakan salah satu komponen ekosistem yang harus dijaga, dihargai, dan dihormati. Perilaku manusia sangat berpengaruh terhadap lingkungan disekitarnya. Perilaku positif akan berdampak baik bagi lingkungan untuk tetap lestari dan terjaga keseimbangannya. Sedangkan perilaku negatif dapat mengakibatkan kerusakan pada lingkungan. Manusia mempunyai tanggung jawab terhadap lingkungan alam sekitarnya untuk berperilaku baik dalam menjaganya.²¹

Hal tersebut perlu kita amati dalam fenomena saat ini, peperangan terjadi diberbagai negara, pertumpahan darah semakin banyak, hutan menjadi tandus, sungai menjadi kering, akibatnya erosi datang mengganas, banjirpun melanda bumi, tanah longsor datang silih berganti, dan pencemaran udara sangat parah. Pencemaran udara banyak diakibatkan oleh polusi dari kendaraan, yang selalu mengalami peningkatan.

²¹ Rabiah Z. Harahap, “*Etika Islam Dalam Mengelola Lingkungan Hidup*”, (Jurnal EduTech Vol 1 No 1 Maret, Medan, 2015), h. 8

Itulah yang diterangkan Allah SWT dalam Firman-Nya, Surah Ar-Rum ayat 41 sebagai berikut:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya :

“Telah Nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” {QS. Ar-Rum : 41}

Ayat tersebut menganjurkan kepada manusia (umat muslim) untuk senantiasa menjaga dan memelihara kelestarian alamnya. Menurut pandangan Islam, manusia dan alam mempunyai hubungan yang sangat erat. Karena Allah Swt. telah menjadikan dunia dan seisinya (manusia dan alam) secara seimbang dan teratur. Manusia harus menjaga keseimbangan tersebut supaya tidak terjadi banyak kerusakan pada alam.

Manusia adalah faktor utama dalam lingkungan yang dapat menentukan perubahan baik dan buruknya sesuatu yang terjadi pada lingkungan alamnya. Dalam Firman-Nya Allah Swt. Telah menjelaskan bahwa keusakan yang terjadi di daratan dan lautan disebabkan oleh perbuatan manusia. Hal tersebut terjadi karena beberapa faktor seperti kebutuhan ekonomi, haus kekuasaan, dan untuk memenuhi nafsu yang

tidak terkendali. Selain itu, perbuatan manusia tidak mempertimbangkan dampak yang akan terjadi bagi kelestarian lingkungan hidupnya.²²

Karena manusia menjadi faktor utama dalam kerusakan lingkungan, maka Allah Swt mengingatkan manusia dalam Surah Al-A'raf ayat 56 :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ
مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya:

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”. {QS. Al-A'raaf : 56}

Kemudian Allah Swt mengingatkan berbagai nikmat yang telah dicurahkan bagi kebahagiaan manusia dalam firman-Nya berikut:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فِرَاشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ
الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَّكُمْ ۖ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ ﴿٢٢﴾

Artinya:

“Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan

²² Ibid, h. 10

dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rezki untukmu; karena itu janganlah kamu Mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah, Padahal kamu mengetahui". {QS. Al-Baqarah: 22}

Surat Al-Baqarah ayat 30 Allah Swt. memberikan kewajiban kepada manusia untuk menjaga dan melestarikan lingkungannya. Karena manusia telah diberikan tanggungjawab sebagai pemimpin di muka bumi. Maka manusia seharusnya sadar akan tanggung jawab untuk mengelola dan menjaga bumi dengan sebaik-baiknya sebagai sebuah hadiah (amanah) yang telah diberikan Allah Swt.

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰٓئِكَةِ اِنِّیْ جَاعِلٌ فِی الْاَرْضِ خَلِیْفَةً ۚ قَالُوْۤا اَتَجْعَلُ فِیْهَا مَنْ یُّفْسِدُ فِیْهَا وَیَسْفِكُ الدِّمَآءَ وَیَخْنَ نُّسَبٰۤحُ بِحَمْدِكَ وَتُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ اِنِّیْۤ اَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ



Artinya:

"Dan ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada Para Malaikat: "Sesungguhnya aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi." mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, Padahal Kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui." {QS. Al-Baqarah:30}

F. Sebagai Alternatif Sumber Belajar Biologi

Ilmu Pengetahuan tentang alam merupakan kumpulan hasil kegiatan empirik dan kegiatan analisis yang telah dikerjakan oleh para ilmuwan selama berabad-abad. Ilmu pengetahuan alam adalah sebagai produk karena memiliki fakta-fakta, teori-teori, konsep-konsep, prinsip-prinsip ilmu pengetahuan alam. Jika dipelajari lebih dalam, maka fakta-fakta adalah hasil dari kegiatan empirik dalam ilmu pengetahuan alam, sedangkan konsep-konsep, teori-teori, prinsip-prinsip dalam ilmu pengetahuan alam merupakan hasil dari kegiatan analitik. Ilmu pengetahuan alam di dalamnya mengkaji banyak ilmu, salah satunya yaitu ilmu Biologi. Biologi merupakan ilmu yang berkaitan dengan keterampilan, nilai, sikap, kejujuran, dan tanggung jawab, serta berkaitan dengan cara memahami dan mempelajari tentang lingkungan hidup. Pembelajaran biologi diharapkan menjadi sarana dan perantara bagi siswa untuk mengamati dan memahami makhluk hidup termasuk dirinya dan lingkungan alam sekitarnya secara ilmiah dan konsep islami.

Penelitian tentang kerapatan stomata berkaitan dengan materi fotosintesis. Fotosintesis yaitu proses penguraian bahan sederhana (CO_2 dan H_2O) menjadi bahan yang lebih kompleks yaitu karbohidrat dan oksigen.

Produk dari pengamatan materi ini semoga dapat menjadi alternatif sumber belajar biologi bagi guru dan siswa SMA di kelas 12 Semester Ganjil, dengan materi Fotosintesis. Produk penelitian ini bisa memberikan pengetahuan, pemahaman, dan memicu kreativitas siswa untuk lebih optimal dalam kegiatan belajar mengajar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

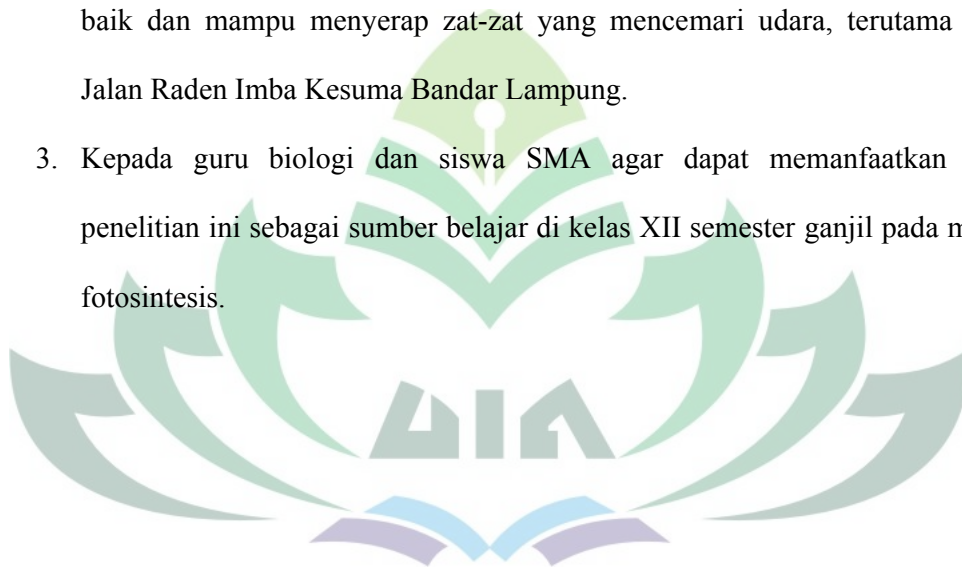
A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kerapatan stomata tanaman mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq) yang diteliti pada masing-masing lokasi di jalan Pangeran Tirtayasa dan Jalan Raden Imba Kesuma rata-rata berkisar 122.96 sampai dengan 360.11.
2. Kerapatan stomata daun mahoni meningkat pada lokasi-lokasi jalan yang mempunyai kandungan polutan yang tinggi dari aktivitas kendaraan bermotor yang meningkat.
3. Peningkatan kerapatan stomata ditandai oleh jumlah stomata yang semakin meningkat. Peningkatan jumlah stomata merupakan respon dari suatu tanaman terhadap kondisi lingkungan seperti meningkatnya kadar polutan di udara.
4. Nilai kerapatan stomata yang berbeda-beda pada setiap lokasi jalan yang diteliti selain disebabkan oleh konsentrasi polutan juga merupakan indikasi respon tanaman terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti stres air dan unsur hara, untuk mempertahankan fungsi fisiologisnya, misalnya untuk fotosintesis, respirasi dan transpirasi pada daun.

B. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kerapatan stomata untuk jenis tanaman lain dengan mengukur faktor lingkungan, mengingat penelitian ini terbatas pada tanaman yang sama dan faktor lingkungan yang dilihat hanya emisi gas buang kendaraan.
2. Perlu dilakukannya pedataan, pemeliharaan dan pemilihan jenis tanaman yang sesuai dengan syarat tumbuhnya agar tanaman dapat tumbuh dengan baik dan mampu menyerap zat-zat yang mencemari udara, terutama pada Jalan Raden Imba Kesuma Bandar Lampung.
3. Kepada guru biologi dan siswa SMA agar dapat memanfaatkan hasil penelitian ini sebagai sumber belajar di kelas XII semester ganjil pada materi fotosintesis.



DAFTAR PUSTAKA

- Alfi Darwis, Kandowangko, Baderan. *Indeks dan Kerapatan Stomata Pada Daun Tumbuhan Bougainvillea glabra Chois Sebagai Bioindikator Pencemaran Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Gorontalo*. Gorontalo: Jurnal Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Gorontalo, 2014.
- Andri Windi Satolom, Kandowangko Novri, Abubakar Sidik Katili. “*Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni (Swietenia macrophylla King.) pada Beberapa Jalan Di Gorontalo*.” Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo, 2010.
- Anita Rahayu Istiqomah, Mudyantini Widya, Endang Aggarwulan. “*Pertumbuhan dan Struktur Anatomi Rumput Mutiara (Hedyotis corymbosa L. Lamk) Pada Ketersediaan Air dan Intensitas Cahaya Berbeda*”. Surakarta: FMIPA UNS Surakarta, 2010.
- Asep Zainal Mutaqin. *Studi Anatomi Stomata Daun Mangga (Manifera indica) berdasarkan perbedaan lingkungan*. Jurnal Program Studi Biologi FMIPA. Bandung: Universitas Padjajaran, 2016.
- Astri Nur Andini. *Anatomi Jaringan Daun dan Pertumbuhan Tanaman Celosia cristata, Catharanthus roseus, dan Gomphrena globosa Pada Lingkungan Udara Tercemar*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, 2011.
- Benyamin Lakitan. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2012.

- Departemen Agama RI. *Mushaf Al-Qur'an Dan Terjemah*. Jakarta Timur: CV. Pustaka Alkautsar, 2009.
- Efri Roziaty. "*Kandungan Klorofil, Struktur Daun Angsana (Pterocarpus indicus Willd.) dan Kualitas Udara Ambien di Sekitar Kawasan Industri Pupuk PT. Pusri Di Palembang*". Bogor: Skripsi Mayor Biologi Tumbuhan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, 2009.
- Endang Gati Lestari. *Hubungan Antara Kerapatan Stomata Dengan Ketahanan Kekeringan Pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (Balitbiogen), 2005.
- Fitri Yuliasmara. "*Pengukuran Karbon Tersimpan Pada Perkebunan Kakao Dengan Pendekatan Biomassa Tanaman*." Warta Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao Indonesia, 2007.
- Guti Gratimah. *Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO₂ Antropogenik di Pusat Kota Medan*. Sumatera Utara: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, 2009.
- James Schooley. *Introduction To Botany*. New York: Internatoinal Thomson Publishing Inc, 1997.
- Lina Juairiah. *Studi Karakteristik Stomata Beberapa Jenis Tanaman Revegetasi Di Lahan Pasca Penambangan Timah Di Bangka*. Jurnal UPT Balai Konservasi Tumbuhan. Cibodas: Kebun Raya Cibodas-LIPI, 2016.
- Nanny Kusminingrum, Gunawan. "*Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor Di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali*." Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Jl. A.H Nasution 264, 2008.

- Nastiti Soertiningsih Wijarso Karliansyah. “*Kerusakan Daun Tanaman Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara (Studi Kasus Tanaman Peneduh Jalan Angsana dan Mahoni Dengan Pencemar Udara NO dan SO)*”. Jakarta: Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, 1997.
- Neil A. Campbell. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 2008.
- Neil A. Campbell. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3*. Jakarta: Erlangga, 2008.
- Purri Rahayu. *Perbedaan Anatomi Jaringan Stomata Berbagai Daun Genus Allamanda*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi. Malang: Jurusan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah, 2015.
- Rabiah Harahap. *Etika Islam Dalam Mengelola Lingkungan Hidup*. Jurnal EduTech Vol 1 No 1 Maret. Medan: Dosen Fakultas Hukum UMSU, 2015.
- Rachmawati. “*Uji Pencemaran Udara Oleh Partikulat Debu Di Sekitar Terminal Lebak Bulus Berdasarkan Bioindikator Stomata pada Tanaman Glodogan (Polyalthia longifolia)*.” Skripsi Program Sarjana, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2006.
- Roifatul Hidayati. “*Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo*.” Skripsi Program Sarjana, Malang: Universitas Islam Negeri Malang, 2009.
- Sandri Linna Sengkey, Freddy Jansen, Steenie Wallah. *Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro*. Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 1. Sam Ratulangi: Universitas Sam Ratulangi, 2011.
- Sukardi. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara, 2011.

Tatang Suradinata. *Struktur Tumbuhan*. Bandung: Angkasa, 1998.

Waryanti, Irawan Sugoro, Dasumiati. *Angsana (Pterocarpus indicus) Sebagai Bioindikator Untuk Polusi Di Sekitar Terminal Lebak Bulus*. Jurnal Program Studi Biologi FST. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah, 2015.

Wikipedia Indonesia. *Mahoni* (On-Line), tersedia di:
<https://id.m.wikipedia.org/wiki/Mahoni>. (31 Maret 2016)

Yasminatul Khoiriah, Nunung Harijati, dan Retno Mastuti. *Pertumbuhan Serta Hubungan Kerapatan Stomata Dan Berat Umbi Pada Amorphophallus Muelleri Blume Dan Amorphophallus variabilis Blume*. Jurnal Biotropika Jurusan Biologi. Malang: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang, 2014.

Yohanis Ngili. *Biokimia Dasar*. Bandung: Rekayasa Sains, 2010.

